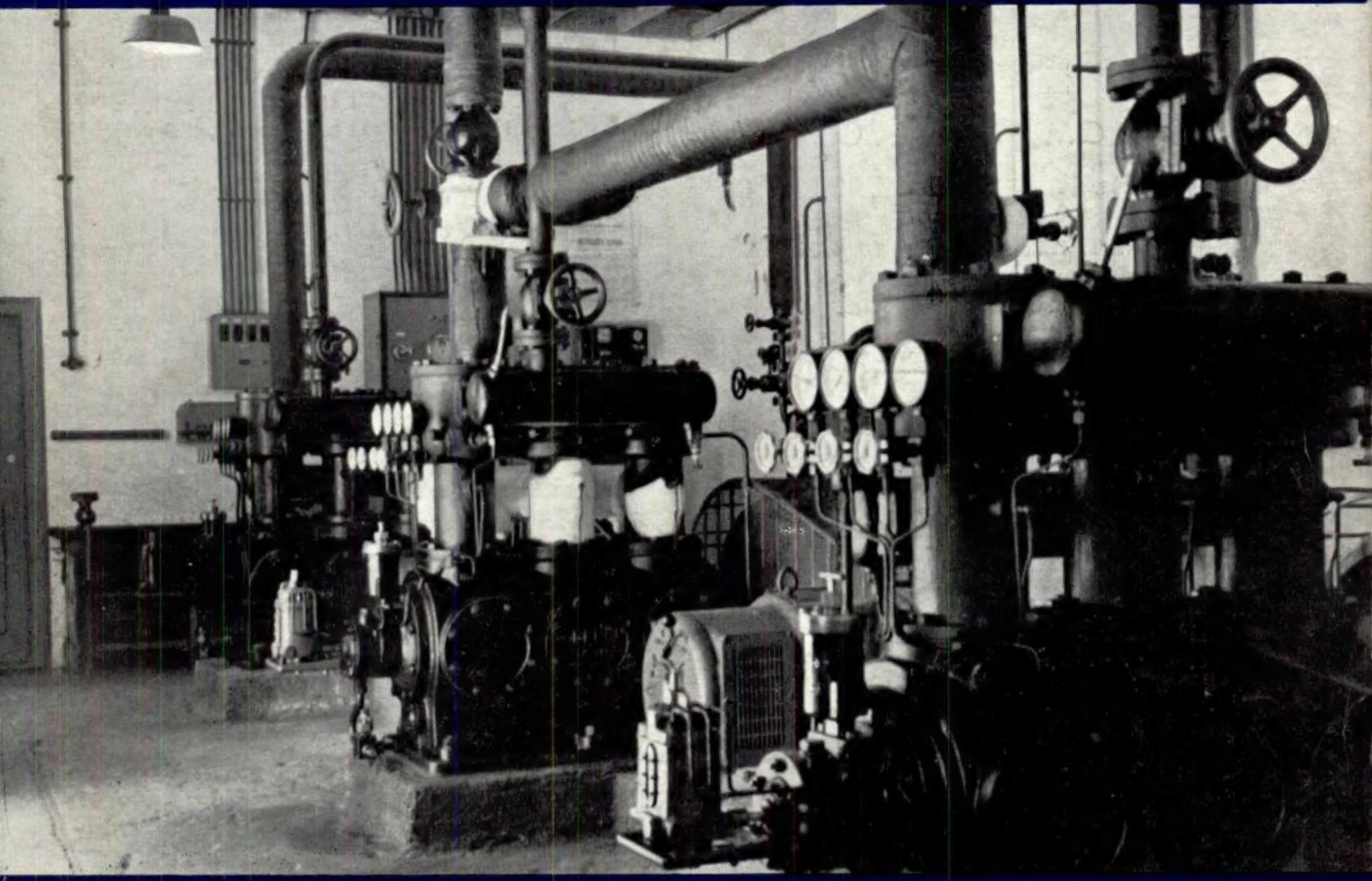
TÉCNICA



REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 253 - JUNHO - 1955

CIMENTO SECIL

O CIMENTO PARA OBRAS DE GRANDE RESPONSABILIDADE

4 fornos rotativos — 300.000 toneladas anuais

Fábrica no Outão — Setúbal

Lisboa — Rua do Comércio, 56-3.º

Desde o Distrito de **VIANA DO CASTELO** ao de **LEIRIA** e nos Distritos de **SETÚBAL** e **ÉVORA** as

FÁBRICAS
CIDADES
VILAS e
ALDEIAS portuguesas

são abastecidas de

ELECTRICIDADE

para

FORÇA MOTRIZ E TODOS OS USOS INDUSTRIAIS, LUZ, ETC., a TARIFAS MUITO VANTAJOSAS e com as **maiores facilidades**,

pela

UNIÃO ELECTRICA PORTUGUESA

e produzidas nas CENTRAIS:

Thérmica do FREIXO .... 22.000 CV
Hidráulica do LINDOSO.. .. ... 100.000 CV
Thérmica da CACHOFARRA... 14.000 CV

Os Escritórios da UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA são:

NO PORTO Rua Duque de Loulé, 240
EM LISBOA R. António Maria Cardoso, 13, 2.º

CIMENTO TEJO

FÁBRICA EM ALHANDRA

A instalação mais moderna do País. Dois fornos rotativos em laboração. — O "CIMENTO TEJO" marca pelas suas altas resistências e regularidade, garantidas pela fiscalização contínua de todas as fases do fabrico, exercida por técnicos portugueses especializados.

Pedidos à Companhia **"CIMENTO TEJO"**

SEDE EM LISBOA
RUA DA VITÓRIA, 88, 2.º

FILIAL NO NORTE
AV. DOS ALIADOS, 20, 3.º
PORTO

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA DOS ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Ano XXIX - N.º 253 Junho de 1955

Redacção e Administração: AVENIDA ROVISCO PAIS, I. S. T. * LISBOA - N. * TELEF. 77 0144 (Linha 50)

DIRECTOR

FERNANDO MARQUES DE OLIVEIRA

ADMINISTRADORES

VIRGÍLIO CARDOSO IGREJA

JOSÉ DO SACRAMENTO COSTA

SECRETÁRIO

JORGE DO NASCIMENTO VALÉRIO

CORPO REDACTORIAL

ADELINO JOSÉ SOARES DE MELO

JOÃO PEDRO MOTA E MELO

MANUEL M. FRIAS DE ALMEIDA E SÁ

VIRGÍLIO LOPES CABRITA

*

NUMERO AVULSO 12$50

ASSINATURAS:

	3 N.os	5 N.os	10 N.os
Continente e Ilhas	32$50	50$00	95$00
Ultramar Português e Espanha	—	55$00	100$00
Estrangeiro	—	80$00	110$00

*

EDITOR E PROPRIETÁRIO

ASS. DOS ESTUD. DO I. S. T.

*

COMPOSTO E IMPRESSO NA

Tip. JORGE FERNANDES, L.DA

RUA CRUZ DOS POIAIS, 103

LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Grupo de 3 compressores «Lebrun», de 90.000 frig. — 10°/+25° C, accionados por motores eléctricos «Metropolitan Vickers» de 40 CV, do Entreposto Frigorífico e Fábrica de Congelação de Peixe. — Viúva de Joaquim Gomes Covas & Filhos, Ltd.ª — Sesimbra.

Págs

A organização do trabalho intelectual

Pelo Eng.º Elect. (I. S. T.) José Pereira Athayde 489

Um novo método de análise de minérios complexos de urânio e tório por medida exterior da actividade γ

Pelo Eng.º Quím. (I. S. T.) J. M. Cayolla Carpinteiro 501

Compressores centrífugos

Pelo Eng.º Quím.-Ind. (I. S. T.) António Sales Luís 521

Problemas da via férrea moderna

Pelo Eng.º Civil (I. S. T.) Eduardo Ferrugento Gonçalves . . 527

Notas informativas — **Elementos sobre a produção e consumo de energia na rede eléctrica nacional** 534

Sobre o projecto de um grupo turbo-compressor de sobrealimentação para um motor Diesel a dois tempos — Estudo efectuado na Sala de Construção de Motores do I. S. T.

por Adelino José Rodrigues Soares de Melo, Fernando Alberto Carneiro Marques de Oliveira e José Carlos Pinto Soromenho Viana Baptista 535

Do Mundo Técnico 544

Biblioteca 556

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

Índice Alfabético dos nossos anunciantes

A

Pág.

A. Gestetner, Ltd.ª VIII
A. Lopes da Silva XV
Agência Geral de Material Eléctrico, Ltd.ª XIII
Ahlers, Lindley, Ltd.ª XXIV
Alfredo Alves . . . . . .
António Baró XXXVIII
Azevedo & Pessi, Ltd.ª XXXI

B

Bethlehem Steel XXVII
Blackwood Hodge XLI
Bouhon & Irmão, Ltd.ª XXXVIII

C

Canelas & Figueiredo, Ltd.ª XVI
Cimento Secil . . . . . 2.ª da capa
Companhia «Cimento Tejo» . . . . . 2.ª da capa
Companhia de Cimentos Brancos . . II
Companhia Portuguesa dos Petróleos BP XXI
Companhia União Fabril XXXV
Construções Técnicas, Ltd.ª II
C. Santos, Ltd.ª . . . . . VII e XLII

E

Edmond Dardel IX
Edouard Dalphin . . . . . 4.ª da capa
Electro-Arco, Ltd.ª XXXV
Emílio de Azevedo Campos & C.ª, Ltd.ª . . . . . XIV e XXIX
Empresa de Cimentos de Leiria . . . IV
Empresa Electro Cerâmica XXXVI
Empresa de Produtos Asfálticos . . . VI
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ltd.ª . . . . . 3.ª da capa
Estabelecimentos Herold, Ltd.ª . . . XXXIV

F

Fábrica Metalúrgica e Construtora CARAVELA, Ltd.ª XXVIII
Fábrica Portugal V
Fundição e Construção Mecânicas XXXIII

G

General Electric Portuguesa XIV

H

Henriques & Castro, Ltd.ª XXXIII
Horácio Alves XXXVIII

I

Pág.

IST XXXI

J

J. E. Michaëlis de Vasconcellos (Eng.º) XXII
Jayme da Costa, Ltd. . . . . . .

L

Leacock (Lisboa), Ltd.ª XI

M

Mabor XXXVIII
Manil XXIX
Máquinas de Precisão, Ltd.ª XXXVI
Martin, Leslie & C.ª Ltd. VIII
Monteiro Gomes, Ltd.ª . . . . . X e XXXIX

N

Nordberg XVIII

P

P. Bellasi XII
Papelaria Fernandes XVII
Pimentel & Casquilho, Ltd.ª III

S

Senna, Botto & Leitão, Ltd.ª XXVI
SKF XXII
SMEIA . . . . . XXXVII e XL
Sociedade Construtora Portuguesa, Ltd.ª I
Sociedade Ericsson de Portugal, Ltd.ª XXXII
Sociedade Industrial Metalúrgica . VIII
Sociedade dos Mármores de Portugal, Ltd.ª XXXI
Sociedade Portuguesa do Acumulador Tudor XXIII
Sociedade Portuguesa Cavan VI
Socony-Vacuum Portuguesa . . . .
SOMEC IV
SOMIPA XV
SONAP XIX
Sondagens Ródio, Ltd.ª XXXV
SOPECATE XXXV
SOPREM XXV
Standard Eléctrica XXX

T

Technoimpex XX

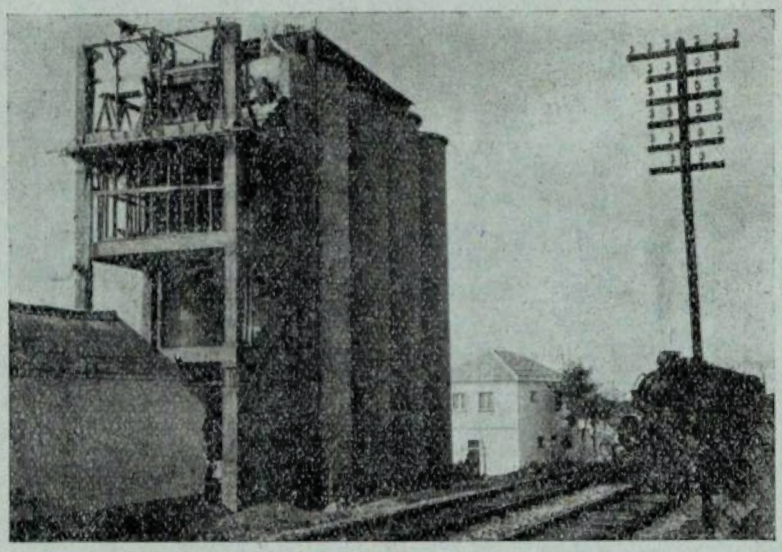
U

União Eléctrica Portuguesa . . . . . 2.ª da capa

FUNDAÇÕES FRANKI
SOCIEDADE CONSTRUTORA PORTUGUESA, L.DA
TELEF. 76061
PRAÇA DO AREEIRO, 9, 4.º-ESQ.
LISBOA

CONSTRUÇÕES TÉCNICAS, L.DA

Praça do Município, 13, 3.º — LISBOA — Telefone 2 2344



Silo em Ponte do Reguengo, de 1.000.000 kg de trigo, para a Sociedade do Ribatejo, Ltd.ª, com 8 células cilíndricas, já concluídas, executadas pelo sistema «PROMETO»

FUNDAÇÕES

BETÃO ARMADO

OBRAS PÚBLICAS

O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos

Estude a vantagem do emprego do

CIMENTO BRANCO LUSO

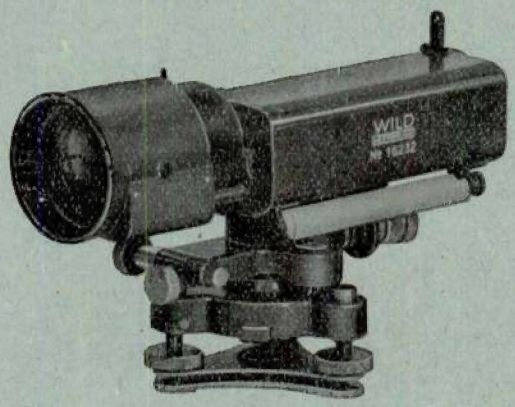
Consulte os distribuidores gerais

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 2 0464 — Lisboa

No Norte: **SCIAL** — R. do Bonjardim, 205 — Telef. 2 5779 — Porto

WILD
HEERBRUGG

A MARCA QUE, PELAS SUAS ALTAS QUALIDADES, É APRECIADA NO NOSSO PAÍS E EM TODO O MUNDO



NÍVEL N3

INSTRUMENTOS DE ALTO RENDIMENTO PARA
TOPOGRAFIA, GEODESIA E FOTOGRAMETRIA
MICROSCÓPIOS E LUPAS
MATERIAL PARA DESENHO, DE AÇO INOXIDÁVEL

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA
R. EUGÉNIO DOS SANTOS, 75 LISBOA
TELEF. 2 4314 TELEG.: TECNA

WILD
HEERBRUGG

Sociedade Metropolitana e Colonial de Construções, L.da

SOMEC

R. da Madalena, 163 — Lisboa Telefone 32795/6

Sondagens

Fundações

Betão armado

Trabalhos marítimos

Túneis

no Continente e Ultramar

Cimento «Liz» hidrofugado «N»

PRÓPRIO PARA

IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS

REBOCOS, FUNDAÇÕES, PAREDES, ETC.

Substitue com vantagem de ordem técnica e económica todos os impermeabilizadores conhecidos.

Em sacos de papel de 50 quilos

Peçam instruções para o seu emprêgo

Sede: Rua do Cais de Santarém, 64, 1.º — LISBOA
Filial: Rua de Santo António, 190-A, 1.º — PORTO

Agentes em todo o País

Fábrica Portugal

S. A. R. L.

LISBOA

MOBILIÁRIO METÁLICO

EM TODOS OS GÉNEROS

Instalações completas para :

Mobiliário moderno
para

ESCRITÓRIOS
ESCOLAS
BIBLIOTECAS

CLÍNICAS
HOSPITAIS
SANATÓRIOS
CINEMAS
HOTÉIS
ESPLANADAS

SALAS DE EXPOSIÇÕES :

Rua Febo Moniz, 2 a 20 — Praça dos Restauradores, 49 a 57

Avenidas da República e Elias Garcia — Rua da Graça, 82 e 84

Para impermeabilizar terraços, paredes, fundações, etc.

COLAGEM DE TACOS DE MADEIRA

FABRICA EM SACAVÉM

TELEFONES { 4 2651 / 4 2156 TELEG. EPALDA—LISBOA

CAVAN

SOCIEDADE PORTUGUESA

POSTES DE BETÃO PARA LINHAS ELÉCTRICAS
MOSAICOS E AZULEJOS

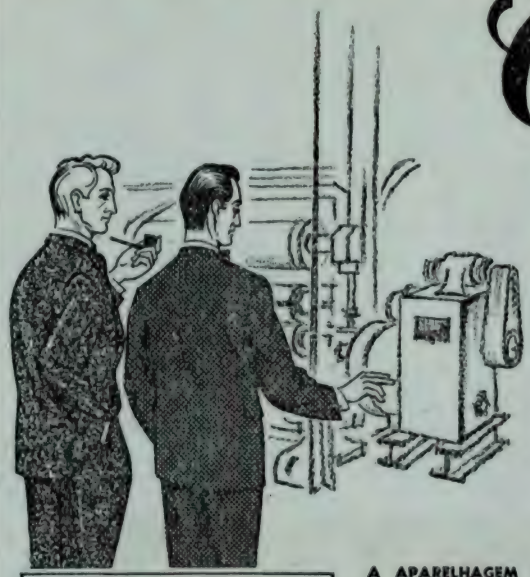
COLUNAS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA
MANILHAS PARA ESGOTOS

RUA D. ESTEFÂNIA, 42
TELEF. 47812-50129
LISBOA

MOTORES DIESEL
MERCEDES-BENZ
MARÍTIMOS E INDUSTRIAIS
FAMOSOS EM TODO O MUNDO PELA SUA MAGNÍFICA ROBUSTEZ E GRANDE ECONOMIA, GARANTINDO UM ELEVADO RENDIMENTO E A MAIOR SEGURANÇA DE FUNCIONAMENTO
DE 20 A 2500 HP
REPRESENTANTES
C. SANTOS LDA.
DIVISÃO MARÍTIMA E TÉCNICA — TRAVESSA DA GLÓRIA, 17 — LISBOA

Temos a honra de anunciar

A NOSSA NOMEAÇÃO, COMO AGENTES EXCLUSIVOS PARA PORTUGAL E PROVÍNCIAS ULTRAMARINAS, PELA FIRMA:



Crofts (ENGINEERS), LTD.
BRADFORD – INGLATERRA

universalmente conhecida como especialista em:

TRANSMISSÕES POR CORREIA, CABO E ENGRENAGENS para todas as indústrias e potências
FUNDIÇÃO DE AÇO OU LATÃO — FABRICAÇÃO DE CONSTRUÇÕES DE SECÇÕES METÁLICAS

- TRANSMISSÕES POR TAMBORES DE CORREIAS TRAPEZOIDAIS, DE VELOCIDADE FIXA OU VARIAVEL
- ENGRENAGENS DE VELOCIDADE VARIAVEL OU DE REDUÇÃO COM PARAFUSO SEM-FIM
- EMBRAIAGENS DE FRICÇÃO OU DISCO SIMPLES OU MULTIPLO
- EMBRAIAGENS «AIRFLEX»
- CAIXAS DE ENGRENAGEM CONICAS — MODELO «RADIATION» OU A OLEO, DE VELOCIDADE VARIAVEL, TIPO «CARTER»
- UNIDADES «C-JR» PARA COMANDO DE VARIAÇÕES DE VELOCIDADE
- UNIÕES FLEXIVEIS
- MANGAS CONICAS FENDIDAS
- MOTORES PARA ENGRENAGENS «EFFICIENCY», ETC., ETC.

O ramo da n/ Representada é TRANSMISSÃO DE ENERGIA. Fornece máquinas de todas as potências, tanto para produzir como para utilizar energia eléctrica, e está preparada para atender qualquer indústria

A APARELHAGEM CROFT É HOJE UTILIZADA EM QUASE TODOS OS PAÍSES DO MUNDO
QUEIRAM DIRIGIR-NOS AS VOSSAS CONSULTAS

MARTIN LESLIE & C.ª, LDA.
CAMPO DAS CEBOLAS, 43-3.º D.—TELEFONES 32824 E 35234—LISBOA

A nossa Representada dispõe de grande variedade de material em armazém em Inglaterra para ENTREGA IMEDIATA ou a curto prazo

DUPLICADORES

Manuais e eléctricos.

Gestetner

OS MELHORES DO MUNDO

A GESTETNER, L.DA

RUA DA CONCEIÇÃO, 125 — Telefone 2 2638 - LISBOA
LARGO DO PADRÃO, 20, 1.º — Telefone 2 3469 - PORTO

SOCIEDADE INDUSTRIAL METALURGICA

Responsabilidade Limitada
(REGISTADO)

SERRALHARIAS,
CALDEIRARIA,
FERRARIA,
FUNDIÇÕES

ESCRITÓRIO
Rua de S. Tiago, 13
LISBOA
Telefone 2 6572

EIMCO

Rocker Shovel
Patenteado

SIMPLICIDADE

COMPACIDADE

ROBUSTEZ

peso 17.000 kg
balde 1.110 litros

ATÉ AO

TRACTOR ESCAVADOR 105

SUPERIOR À ESCAVADORA CLÁSSICA

Resolvendo o problema da carga tanto em pedreiras como em galerias e com qualquer veículo

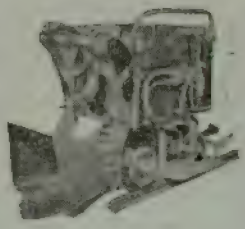
MÍNIMO VALOR DE COMPRA
MÍNIMO CUSTO DE CONSERVAÇÃO

ENERGIA pouco consumo { AR COMPRIMIDO / ELÉCTRICA / DIESEL

ao modelo 21 a ar comprimido corresponde o modelo 630 montado sobre lagartas

Modelo 40

Modelo 21



Modelo 12-B

Locomotiva a ar

TODA A GAMA DE CARREGADORAS SUBTERRÂNEAS

Milhares de unidades trabalhando em todo o Mundo

•

AGENTE EXCLUSIVO

EDMOND DARDEL
Rua Rodrigues Sampaio, 19-4.º-B — LISBOA
Telef. 4 2289

TRACTORES VENDER

Modelo «Champion» de rasto contínuo com motor Diesel de 85 HP

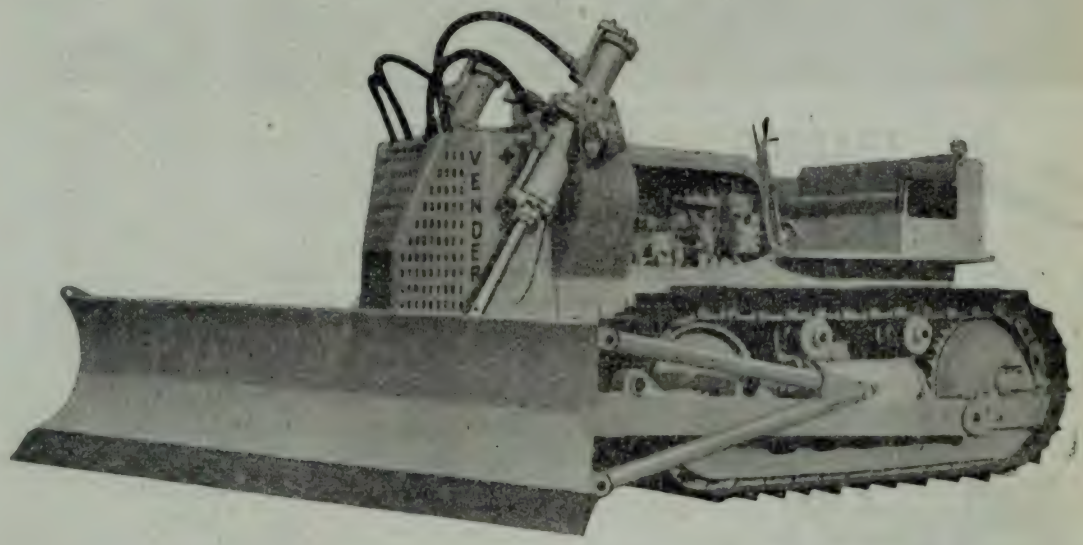
80 HP no tambor de transmissão
72 HP na barra de tracção

Modelo «Conqueror» de rasto contínuo com motor Diesel de 160 HP

140 HP no tambor de transmissão
120 HP na barra de tracção

Modelo «Bully» com motor Diesel de 50 HP (Tractor de rasto ràpidamente transformável em tractor de rodas ou vice-versa. Único tractor deste tipo no Mundo)

47 HP no tambor de transmissão
40 HP na barra de tracção



TRACTORES FIAT

DE RASTO CONTÍNUO

25 C — Motor Diesel de 25 HP
20 HP à barra — 24 HP no tambor

OM 35/40 C — Motor Diesel de 37 HP
29 HP à barra — 35 HP no tambor

55 e 55 L — Motor Diesel de 55 HP
44 HP à barra — 50 HP no tambor

DE RODAS

25 R — Motor Diesel de 25 HP
20 HP à barra — 24 HP no tambor

OM 35/40 R — Motor Diesel de 37 HP
29 HP à barra — 35 HP no tambor

55 R — Motor Diesel de 55 HP
45 HP à barra — 50 HP no tambor

DISTRIBUIDORES EXCLUSIVOS

MONTEIRO GOMES, LIMITADA

RUA CASCAIS, 47 — LISBOA

Telefs. 63 70 83/4/5

BEJA — ÉVORA — PORTO — SANTARÉM — VILA FRANCA DE XIRA — LUANDA (ANGOLA)
LOURENÇO MARQUES (MOÇAMBIQUE)

LEACOCK (LISBOA), L.DA

AV. 24 DE JULHO, 16 — LISBOA

R. JOSÉ FALCÃO, 185 — PORTO

SECÇÃO DE MÁQUINAS E ELECTRICIDADE

REPRESENTANTES DE:

THE RAWLPLUG COMPANY, LTD.
Material de fixação para construção civil e mecânica.

HOOVER, LTD.
Motores eléctricos desde 1/8 até 3/4 H. P., Monofásicos e Trifásicos.

VERITYS, LTD.
Motores eléctricos desde 1 até 125 H. P

J. A. CRABTREE & CO. LTD.
Material para instalações de luz: interruptores, fichas, tomadas, etc.
Material para instalações de força: arrancadores, disjuntores, caixas, etc.

TRANSFORMERS & WELDERS, LTD.
Transformadores de todos os tipos até à potência de 3000 K. V. A. e até à tensão de 33000 Volts.

BARTON CONDUITS, LTD.
Tubo de aço para instalações eléctricas.

EDWARD MAC BEAN & CO. LTD.
Tubo, fita e pano de tela envernizada.

MEASURING INSTRUMENTS (PULLIN), LTD.
Amperímetros, Voltímetros, Frequencímetros, Wattímetros de todos os tipos e escalas.

F. PERKINS, LTD.
Motores Diesel marítimos.

THE AUTOMATIC COIL WINDER AND ELECTRICAL EQUIPMENT CO, LTD.
Osciladores, capacímetros, texts universais, texts electrónicos, analisadores de válvulas, luxímetros, expositores para fotografias.
Máquinas para bobinar e enfitar.

GEORGE KENT
Contadores de água, de vapor e de óleo.
Tubos Venturi
Determinadores e controladores do pH, do CO_2 e pirómetros pelo processo potenciométrico.
Combustiómetros, manómetros, registadores de distâncias, medidores-registadores de caudais, medidores de orifícios em condutas para gases.

THORN ELECTRICAL INDUSTRIES, LTD.
Luz fluorescente e rádios.

ELECTRIC PANELS, LTD.
Aquecimento eléctrico.

P. BELLASI

Representante geral para Portugal e Ultramar

Rua Sá da Bandeira, 494-3.º

Telefone 21968

PORTO

Realizações máximas na construção de disjuntores para alta tensão

Mais de 15 anos de experiência na construção e serviço de disjuntores de pequeno volume de óleo, garantem um fabrico que satisfaz todas as exigências.

OERLIKON

Muito mais de 1.000 disjuntores deste tipo, para tensões nominais de 60 até 400 kV e potências de corte de 500 até 7500 MVA, em numerosos países europeus e no Ultramar, são testemunho desta aprovada construção.

Ateliers de Construction Oerlikon

Zurique 50 (Suíça)

TÉCNICA

DIRECTOR — FERNANDO MARQUES DE OLIVEIRA ADMINISTRADORES { VIRGÍLIO DOS REIS CARDOSO IGREJA / JOSÉ DO SACRAMENTO COSTA
SECRETÁRIO — JORGE DO NASCIMENTO VALÉRIO
CORPO REDACTORIAL — ADELINO JOSÉ SOARES DE MELO, AFONSO MANUEL BRAGA DA CRUZ, JOÃO PEDRO MOTA E MELO, MANUEL M. FRIAS DE ALMEIDA E SÁ E VIRGÍLIO LOPES CABRITA

Ano XXX - N.º 253 Junho de 1955

C. D. 0921/2

A ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO INTELECTUAL

PELO ENG.º (I. S. T.) JOSÉ PEREIRA ATHAYDE

060 — A organização do trabalho intelectual

1 — Utilidade:

O homem, na sua tarefa de domínio da natureza, necessita cada vez mais da fazer apelo às suas forças intelectuais. Foi recorrendo a elas que conseguiu transformar as suas disponibilidades em energia física, que outrora não excediam para o trabalho muscular de 2400 horas por ano: os 180 kWh, e hoje, chegam a atingir os 2800 kWh por habitante, em países como a Noruega. O que quer dizer que cada norueguês possui 15 escravos mecânicos mercê do esforço criador da inteligência do homem.

Anda no mundo moderno uma azáfama de organização dos movimentos dos homens e dos materiais; porém, mais importante ainda, é a organização do trabalho intelectual; dela depende em larga medida o futuro das nações.

Uma das mais graves responsabilidades que pesam sobre nós, como homens, como universitários e como engenheiros, já vos disse, reside no rendimento social da própria inteligência, isto é na forma como utilizar o cérebro para o bem-estar dos nossos contemporâneos; esforço que eles têm o direito de esperar de nós, em contrapartida da cultura que nos proporcionaram e dos postos que nos reservaram no enquadramento social.

Deste esforço não depende sòmente o próprio bem-estar, o da família ou nação a que pertencemos, mas quiçá o de outras nações e o dos milhões de homens que nos sucederão no mundo.

Com este esforço talvez seja possível evitar muito sofrimento, muita dor, talvez o correr do sangue. Mal poderemos avaliar os efeitos do pequeno avanço que o nosso pensamento empresta à luta titânica que o homem sustenta há milénios para dominar a natureza rebelde de fora e de dentro de si próprio. Mas por mais pequeno que seja o impulso dado, tão pequeno que mal o apercebemos, a verdade é que os grandes passos só poderão ser dados à custa do somatório de uma infinidade de pequenos avanços, tão modestos como o que promovemos, mas todos imprescindíveis, todos valiosos, pois todos contribuem para o advento do mundo melhor que ambicionamos.

Embora não fiquemos sob a alçada do Código Penal, seremos os «ladrões da cultura» se nos limitarmos ao gozo das riquezas mentais acumuladas pelos antecessores, na ciência ou arte que cultivamos, sem procurar fecundá-las com o próprio esforço criador, para as transmitir acrescentadas e enriquecidas aos que nos sucederem.

Eis porque a aquisição e a elaboração da cultura intelectual não se pode fazer de qualquer maneira e a sua técnica deve merecer-nos particular carinho.

2 — A cultura geral:

Sabemos que no «cinemascópio» se consegue dar vida e relevo às imagens centrais pela filmagem e projecção simultânea das cenas periféricas.

Da mesma forma, se no campo da cultura nos limitarmos a focar as matérias centrais sob ângulos demasiado estreitos, nunca lhes conseguiremos dar a vida e o relevo que obteremos enquadrando-as nas disciplinas afins.

Para valorizar devidamente a especialização a que nos dedicamos é imprescindível conhecermos todas as suas repercussões nos campos vizinhos e sobretudo ter nítida consciência da sua finalidade humana.

Por isto, a par da cultura especializada dirigida directamente à acção é necessário adquirir uma cultura menos profunda mas mais extensa que nos permita orientar seguramente aquela acção.

É certo que a cultura excessivamente geral, dirigida à contemplação do «bosque» da vida, nos impede de ver as «árvores», a que precisamos dedicar-nos para melhorar o conjunto; mas também é certo que a cultura excessivamente especializada, nos leva a tomar a «árvore» pelo «bosque» fazendo-nos perder a noção de que a função da «árvore» é contribuir para formar o «bosque».

3 — As fontes da cultura: 1) — A convivência:

Tanto a cultura geral como a especializada se podem beber em diferentes fontes.

A primeira, é a mais completa, porque nos fornece uma cultura complexa já equilibrada e elaborada pela experiência alheia, é a «convivência».

A vida moderna, cheia de facilidades mecânicas, de especialização de actividades, da preocupação de aproveitar o tempo, menospreza o valor formativo do convívio.

Na família, nos círculos sociais, na universidade, na empresa industrial, subestima-se o valor dos contactos humanos, perdendo-se assim muitos tesouros de experiência acumulada.

Foi esquecida a lição das velhas universidades indus: as «Upanishades»; dos colégios medievais de Bolonha e Salamanca, das tertúlias literárias e dos salões dos séculos XVIII e XIX que foram alfobres de cultura equilibrada.

O fenómeno explica-se pelo endeusamento de um cientismo autónomo que prescinde do impirismo tradicional. Talvez seja uma crise de adolescência do «espírito científico» orgulhoso da sua autonomia, mas que urge temperar para que cada geração não seja obrigada, para todos os assuntos, a pensar tudo de novo.

O espírito científico proibe-nos aceitar as conclusões alheias sem verificar as premissas que as motivaram, mas não nos proibe utilizar a experiência dos outros para nos orientar na escolha do campo de observação e nos ajudar no estabelecimento das hipóteses que pelo seu acerto evitarão a perda de tempo no estabelecimento das conclusões.

O espírito renovador do nosso tempo destruiu muitos velhos e perniciosos costumes, mas infelizmente com eles, aquela simbiose do prazer e da cultura que foram o encanto da gente de antanho. Chega-se a desprezar os encontros sociais que não sejam de pura evasão.

Preferem-se os prazeres em que não há diálogo, em que manietados numa situação passiva nos deixamos invadir por pensamentos e sentimentos que nos são sugestionados, com critérios mais que discutíveis.

Sem negar as virtudes dos preciosos instrumentos de cultura que são a radiodifusão, o cinema e a televisão, urge reconhecer os seus limites e que são incapazes de substituir o convívio humano, como fonte de prazer e de cultura.

Uma das formas mais úteis de convivência é a «viagem».

É certo que hoje se viaja mais do que nunca; o número de pessoas que se desloca no mundo e a amplitude dessas deslocações cresce em ritmo acelerado.

No entanto, as viagens dos tempos modernos materializam-se e mecanizam-se de tal forma que se reduz a pouco o contacto humano com as gentes dos países visitados. Muitos daqueles que conhecem de cor as ruas principais, os cinemas e os hotéis de Paris, Roma ou New-York, ficariam perplexos se os interrogássemos sobre a forma de pensar e sentir dos parisienses, romanos ou novayorquinos.

4 — As fontes da cultura: 2) — O ensino oral:

Dentre as fontes de cultura a que podemos fazer apelo, é das mais importantes o ensino oral, quer nas escolas, universidades e cursos, quer nas «conferências» ocasionais.

Há hoje muito quem pense que pode aprender pela leitura das notas ou extractos das exposições o mesmo que pela audição dos cursos ou conferências; puro engano.

É verdade que o sumário das ideias é o mesmo num e noutro caso, mas o efeito humano é bem diferente. O contacto pessoal do autor com o ouvinte, transmite o conteúdo da lição com uma eficiência que o texto não pode fazer.

O texto escrito tende para a esquematização e omite em geral os esclarecimentos e comentários, bem como os cambiantes que dão ao tema central o enquadramento e a perspectiva de que se falou há pouco.

5 — As fontes da cultura: 3) — A leitura:

Esta é a terceira das mais importantes fontes de cultura. Longe de mim a ideia de não reconhecer as virtudes da leitura; é evidente que se é erro repudiar a «convivência» e o «ensino oral» em benefício da «leitura», não negaremos o seu real valor.

A leitura exige maior esforço mental, para obter os mesmos frutos, dá-nos porém facilidades de oportunidade e docilidade insubstituíveis.

O livro é um mestre sempre pronto a qualquer hora do dia e da noite, em qualquer lugar ou situação; inflizmente é um mestre estático e não pode responder-nos para além do estrictamente fixado nas suas páginas.

A selecção e organização da leitura é problema que nos deve prender.

Não há um único tipo de leitura, mas pelo menos quatro tipos, a cada qual corresponde um método, uma técnica e uma atitude.

Classificam-se as leituras a que nos poderemos entregar nos seguintes tipos:

a) — Formativa
b) — Informativa
c) — Estimulante
d) — Distractiva.

6 — A leitura formativa:

Esta leitura não tem por objecto qualquer ramo especial do conhecimento mas pelo contacto com os grandes espíritos dar-nos a noção do valor real das coisas da vida.

Para que esta leitura seja proveitosa é necessário um Acto de Fé e um Acto de Humildade.

Fé, isto é credulidade no valor do mestre que vamos abordar, a convicção de que o espírito que presidiu à formação daquela obra era de facto um espírito superior.

As leituras formativas devem ser cuidadosamente seleccionadas e aconselhadas por pessoa que nos inspire plena confiança.

Humildade, pois a leitura só atingirá o fim em vista se nos abrirmos inteiramente ao seu influxo, nos deixarmos embeber pelo seu espírito, sem reagir, nem pretender sobrepor-lhe os nossos preconceitos ou preconcebimentos.

A leitura formativa deve ser lenta, interrompida pela meditação das ideias, repetida até estarmos certos de termos assimilado completamente o espírito do autor. É uma leitura que não se pode limitar no tempo e que embora variando nos temas é necessária desde a infância à velhice.

7 — A leitura informativa:

Esta leitura tem por objecto dar-nos o conhecimento de certos assuntos concretos. Tem um fim especializado e obedece a plano prèviamente traçado. Antes de começar a ler, será necessário esclarecer bem qual o objecto da informação; em seguida deve fazer-se uma leitura rápida, sem nos determos nos assuntos que estão fora do nosso plano, para prestar atenção apenas às passagens que realmente nos interessam. Se há assuntos que nos despertaram a curiosidade, fora do plano, poderemos tomar notas de referência para consulta posterior, mas nunca dispersarmo-nos prestando-lhe atenção. Uma vez referenciadas no livro as páginas cuja leitura nos é proveitosa de momento, deveremos rele-las com toda a atenção, comparando a ideia que já tínhamos do assunto, com a do autor.

É igualmente defeituoso não analisar com lealdade as suas razões, rejeitando-as apenas por não coincidirem com o que desejaríamos ir encontrar, como abandonar sem crítica as opiniões antigas para correr atrás da novidade.

Cada leitura deve juntar algo de novo ao trabalho anterior, sem o destruir.

Evidentemente que é de admitir a hipótese de a novidade ser uma revelação; mesmo assim não devemos entusiasmar-nos excessivamente e procurar comprovar com outras leituras o novo rumo sugerido aos nossos pensamentos.

Um trabalho intelectual não pode ser a justaposição de pensamentos de várias pessoas, colados uns aos outros como recortes de jornal, mas elaboração eminentemente pessoal, que pode aproveitar sujestões alheias enquadradas num plano original, depois de repensadas dentro dos moldes desse plano.

8 — A leitura estimulante:

Este tipo de leitura, útil a todos nós, deve ser usada, como os estimulantes químicos, com todo o critério. É preciosa, quando a desorientação, a lassidão, o pessimismo se apoderam de nós e precisamos de novas idéias, fontes de novo entusiasmo, galvanizadoras de ânimo para novas lutas. É nefasta, quando inflama a imaginação tornando-a dispersiva e inquieta, sujeitando a inteligência aos fluxos e refluxos da emoção.

A leitura estimulante, quer seja de poesia, biografia ou relatórios científicos não é um fim em si mesma, pretende apenas escorvar um estado de espírito que uma vez iniciado, prescinde da origem para continuar pelas próprias forças. Devemos entregar-nos a ela com ardor e saber abandoná-la no momento oportuno.

9 — A leitura distractiva:

Esta leitura deve ser eminentemente repousante, feita despreocupadamente, sem nos obrigar a raciocinar muito ou exercitar a memória. Se um livro que começamos a ler por distracção nos aborrece, nos põe em frente de problemas intelectuais ou afectivos que não sabemos resolver, ou nos excita a imaginação ou os sentidos, será melhor pô-lo imediatamente de parte, e passar a outro.

A disciplina na leitura é tão essencial como nas batalhas; exige determinação clara dos objectivos, escolha dos meios e técnica adequada.

10 — A técnica da leitura:

Nas leituras prolongadas deve manter-se a verticalidade da coluna vertebral e os pulmões descomprimidos, sendo necessário alternar as posições sentado e de pé.

A luz deve ser suficiente, sem ser excessiva, difusa e igual sobre a superfície da página.

A distância óptica dos olhos ao livro parece ser de 30 cm.

O melhor tamanho das letras: 1,5 mm de altura espaçadas a sete letras por centímetro; altura das entrelinhas 2,5 mm.

Os olhos percorrem as linhas aos saltos que não devem ser mais de 5 por linha em ângulos que não devem diferir entre si menos que 5 minutos de grau. Interrupções mais amiudadas causam fadiga.

A velocidade da leitura deve ser adequada ao género.

A leitura formativa deve ser especialmente lenta, procurando retirar de cada palavra e de cada frase o autêntico sentido, não só o explícito como o implícito, isto é, aquilo que não foi escrito mas poderia tê-lo sido.

Pelo contrário a leitura informativa, de tomada de contacto, deve ser veloz; não será mesmo necessário ler todas as palavras ou lê-las completamente, basta ficarmos com uma ideia, embora confusa do assunto que está a ser tratado.

A velocidade abrandará quando necessitarmos adquirir uma compreensão mais precisa do passo em que estamos entrando.

Só a prática da leitura rápida nos permite percorrer diàriamente a enorme quantidade de documentação que precisamos de consultar para levar a cabo qualquer trabalho sério.

Nas leituras estimulantes ou de distracção deve haver completa liberdade no ritmo. Verifica-se que quanto maior é o interesse, maior a velocidade.

O bom ledor deve poder ler sem fadiga uma média de 450 palavras por minuto.

11 — A técnica de anotação:

É aconselhável ter um registo de leituras ou de fontes de documentação como aconselhamos no capítulo 051.

Logo que um livro ou revista, aí esteja inscrito referir-nos-emos a ele apenas pelo seu número de ordem.

Este registo pode ser feito em fichas classificadas por assuntos ou autores, constituindo assim um Ficheiro Bibliográfico.

Para cada livro ou capítulo do livro será estabelecido uma Ficha Crítica de Leitura como indicamos também no capítulo 051.

Finalmente, se o livro disso for merecedor, faremos uma terceira ficha de Transcrições, encabeçada como a anterior, mas de conteúdo diferente. Neste caso, na ficha crítica deve anotar-se a existência das transcrições.

É de boa norma não começar a leitura sem preencher a ficha bibliográfica e encabeçar a ficha crítica.

À medida que a leitura vai progredindo vamos anotando esta, que serve simultâneamente de marcador de página e nos obriga, de capítulo em capítulo ou de assunto em assunto, a fazer o balanço das ideias apreendidas, através o seu juízo crítico.

As transcrições podem fazer-se imediatamente ou uma vez terminada a leitura, em momento de maior lazer ou mandá-las executar por outra pessoa.

Ainda um quarto tipo de fichas é por vezes útil.

Se existe um desenvolvido ficheiro ideográfico de referência, convém ter à mão algumas fichas já encabeçadas com os elementos do livro em leitura e à medida que nele vamos encontrando assuntos de interesse para referenciação futura, escreveremos a palavra chave do ficheiro ideográfico e o número da página do livro que se lhe refere.

061 — O método científico

1 — O espírito científico:

Se perguntarmos a alguém se é possível fazer investigação física ou química ignorando o método científico, responder-nos-á imediatamente com a negativa.

No entanto se fizermos idêntica pergunta em relação ao trabalho intelectual em geral ou à Administração de Empresas em especial, a resposta não será tão pronta.

Pensarão talvez que neste outro campo será preferível aplicar os «métodos de autoridade» que têm sido usados com êxito durante séculos e custar-lhes-á a admitir que tais métodos só foram de admitir enquanto não foi possível atingir a verdade pela «evidência intrínseca» característica do método científico.

No entanto, outros pensarão de forma diferente e prontamente comentarão um dos maiores empreendimentos do nosso século, que consistiu na aplicação à Organização e Administração de Empresas de Métodos justificáveis em si mesmos, sem recorrer à autoridade de quem os recomendou.

Sem dúvida homens como Taylor e Faiol, merecem as nossas homenagens como pioneiros da nova ciência, não pelas receitas que nos legaram, mas pela atitude que nos ensinaram a ter perante os factos da Oficina e da Empresa.

Foram eles os primeiros que as consideraram como organismos que é preciso estudar objectivamente nos seus órgãos e funções e se propuseram conduzi-los de acordo com as observações feitas.

Das suas lições, é esta atitude fundamental que deveremos reter e estendê-la a todo o trabalho intelectual que formos chamados a executar.

2 — O conhecimento científico:

Chamando ciência ao conhecimento dos factos pelas suas causas, diremos que conhecimento científico é o que é lògicamente certo, geral e metódico, que procura as causas sem preconceitos nem prevenções, com curiosidade calma e paciente, imaginação prudente e confiança no determinismo dos factos.

O conhecimento científico adquire-se pela marcha do espírito através um processo característico de quatro operações sucessivas:

a) — A Observação
b) — A Hipótese ou Suposição
c) — A Experiência ou Verificação
d) — A Indução ou Generalização.

3 — A observação:

A observação é uma operação empírica que consiste em concentrar a atenção sobre o facto a estudar.

Observar é olhar as coisas, considerá-las nos seus elementos, limpando a imaginação e a inteligência de prejuízos, com espírito receptivo, o que implica humildade e repúdio de todo o orgulho racionalista.

Observar é não procurar impor uma ideia pessoal preexistente para explicar os factos, mas pelo contrário, deixar penetrar em nós a essência das coisas, contemplá-las, admirá-las, para que elas nos ensinem os seus segredos.

Esta operação tem por fim analisar, isto é, fazer a distinção dos elementos que constituem o facto em causa, com exactidão e minúcia.

O observador necessita de:

a) — acuidade e correcção dos órgãos sensoriais
b) — boas condições psicológicas
c) — perspicácia e sagacidade.

A boa observação exige:

a) — preparação para o tipo de observação em causa
b) — referenciação em relação a outros factos ou objectos
c) — medição ou seja avaliação quantitativa
d) — registo
e) — auxílio de instrumentos amplificadores, reveladores ou referenciadores.

As condições psicológicas da boa observação são:

a) — a curiosidadade natural
b) — a imparcialidade (sinceridade e probidade)
c) — o cuidado
d) — a paciência e a coragem
e) — a tenacidade ou perseverança.

A sagacidade é necessária para discernir os factos segnificativos dentre a multiplicidade dos secundários.

A perspicácia é útil para distinguir e classificar os fenómenos observados, que podem ser:

a) — ostensivos ou patentes
b) — crepusculares ou clandestinos
c) — de desvio ou marginais.

A observação para ser válida necessita ser:

a) — Atenta: não deixar escapar qualquer detalhe
b) — Exacta: perceber tudo o que há, e nada mais, do que há
e) — Precisa: avaliar quantitativamente o que se passa e determinar a margem de erro
d) — Metódica: analisando sucessivamente todos os elementos.

4 — **A hipótese:**

A segunda operação é uma operação racional que consiste em conceber, por antecipação, a lei de fenómeno; é uma síntese provisória, uma presunção sobre a forma como se compõem no objecto ou no facto os elementos constituitivos revelados na análise.

A hipótese é uma forma superior de imaginação, é um conhecimento intuitivo que pressente antes da certeza racional a forma como os elementos se relacionam.

A hipótese é um conhecimento primário global, de evidência tosca, ainda não afeiçoada pelo conhecimento racional.

A hipótese científica deve ser:

a) — Necessária: exigida para a explicação do facto
b) — Suficiente: explicar completamente o facto
c) — Possível: não contradizer nenhum facto considerado como «certo»
d) — Verificável: pois só assim a «hipótese» se pode tornar «lei»
e) — Simples: pois a natureza obedece ao princípio do menor esforço.

A formação da hipótese exige:

a) — Reflexão ou meditação sobre os dados da observação
b) — Intuição ou inspiração, que não é mais do que o resultado da sua reflexão acumulada no subconsciente
c) — Maleabilidade intelectual ou seja bom senso, calma, sentido das proporções.

5 — **A experimentação:**

A terceira operação é de novo empírica e tem por objectivo obter a confirmação da hipótese.

A experimentação exige todas as condições necessárias à observação e o respeito das seguintes regras:

a) — Repetir as experiências e aplicar aos resultados o método estatístico
b) — Variar as condições uma por uma e só uma de cada vez, isto é, fazer a variação qualitativa
c) — Variar a força dos elementos em causa, isto é, fazer a variação quantitativa
d) — Fazer a contra-prova, isto é, aplicar as causas contrárias
e) — Admitir a maior liberdade possível aos homens participantes na experiência por forma a evitar constrangimentos.

A observação difere da experimentação em que enquanto na primeira não há intervenção do observador sobre o objecto, na segunda há intervenção deliberada com intuito determinado.

Na observação a atitude do cientista é passiva, receptiva, dócil às impressões. Na experimentação é activa, procurando descortinar nos factos uma resposta esperada.

6 — **A generalização:**

A última operação do processo científico é de novo uma operação racional que consiste na formulação da «lei», ou seja da relação constante que liga a causa e o efeito.

A generalização deverá ser válida entre largos limites que deverão ser indicados.

A lei científica resulta de um duplo processo de análise e síntese, primeiro desce-se da consequência até ao princípio: na observação (análise); depois torna-se à consequência partindo do princípio: na hipótese (síntese); para marchar novamente para os princípios: na experimentação e voltar às consequências: na indução.

7 — **As regras cartesianas do Método:**

Não é possível falar em método científico sem fazer referência às regras de método formuladas por Descartes que são de utilidade indiscutível em todos os ramos do conhecimento.

a) — A primeira regra é a da evidência racional:
«Não aceites nada por verdadeiro que não seja clara e distintamente reconhecido como tal.»
b) — A segunda é a regra da análise:
«Divide as dificuldades em tantas partes quantas as necessárias para melhor as resolver.»
c) — A terceira é a regra da síntese:
«Conduz o pensamento começando pelos objectos mais simples e fáceis de conhecer para alcançar por graus os conhecimentos sucessivamente cada vez mais complexos.»
d) — A quarta regra é a da enumeração:
«Faz a enumeração dos factos e revisões tão gerais e completas, de forma que fiques seguro de nada ter omitido.»

Só o trabalho intelectual que paciente e meticulosamente obedecer a estas normas será sólido e duradouro. Só assim poderemos avançar sem receio de ver desfeito amanhã o trabalho de hoje, sem temor de ver perdido inglòriamente o esforço de todos os dias.

062 — A planificação

1 — Escolha do tema:

Ao começar um trabalho intelectual é indispensável meditar bem no que se pretende.

A escolha do tema deve ser objecto de severo cuidado e ebedecer a três condições, ter: interesse, utilidade e viabilidade.

É importante que o tema seja do nosso agrado, que sintamos o aguilhão de curiosidade impelir-nos para ele, prazer em ir desvendando pouco a pouco os seus segredos.

O trabalho intelectual, como obra de criação que é, exige uma tendência íntima, uma entrega pessoal sem o que não será eficaz.

O critério de utilidade é manifesto; num mundo atormentado por tantos problemas «essenciais», seria desperdício dedicar energias a problemas de fraca utilidade.

Deve redigir-se desde a primeira hora uma memória justificativa da utilidade do tema escolhido, vantagens e benefícios que daí se tiram.

De tempos a tempos há que a reler e completar, como reconforto no meio das dificuldades que nos incitariam a abandoná-lo.

Não é de menos importância a pesquiza da «viabilidade».

Será necessário avaliar sumàriamente os elementos de que dispomos para atingir os objectivos em vista.

Este cuidado não significa o abandono dos temas «difíceis», apenas exige a rejeição dos inabordáveis.

2 — Os limites do tema:

Em redor de qualquer tema que tomarmos para central, há uma infinidade de matérias afins que directa ou indirectamente se ligam com ele.

Será necessário entre elas, destrinçar aquelas que abordaremos como complemento de estudo principal e as que poremos de parte.

É indispensável ser sóbrio na escolha das primeiras e ter a coragem de nos privarmos de investigar uma multidão de assuntos que nos distrairiam do que consideramos principal.

É possível que no decorrer do trabalho haja necessidade de rever o juízo do começo, mas só o devemos fazer depois de maduramente considerada a alteração proposta.

3 — O esquema:

Escolhido o assunto principal e os afins, há que dividi-los e subdividi-los nas suas partes elementares e organizar o seu estudo com encadeamento lógico.

O esquema ou plano de estudo de que nunca nos devemos arredar é uma das peças fundamentais do programa.

O primeiro esquema estabelecido não será em regra o definitivo; haverá que o completar e até alterá-lo se verificarmos ser preferível dar novo arrumo ou valorizar de forma diferente certos elementos, que de começo conhecíamos imperfeitamente.

No entanto é preciso notar que «refundir» o esquema não é «abandoná-lo».

O trabalho deve sempre obedecer a uma planificação prévia, embora esta evolucione.

4 — **A definição dos termos:**

Um dos primeiros cuidados que nos deve prender é a definição clara dos termos de que faremos uso.

Perder-se-á muito tempo e trabalho com a falta de clareza nas definições. Estas podem não sair logo perfeitas de começo, talvez necessitem de ser aperfeiçoadas no decorrer do trabalho; o que é necessário é haver uma definição para cada termo, cuja correcção posterior exige a revisão cuidada dos textos em que ele tenha sido empregue.

5 — **A história:**

É de boa norma fazer uma resenha histórica do estado do problema: auxiliar-nos-á a considerar devidamente o esforço dos nossos antecessores e permitir-nos-á ter a noção dos progressos que realizarmos.

063 — A colheita de elementos

1 — **A enumeração das fontes:**

Embora o tema escolhido não nos seja totalmente estranho é necessário antes de começar a trabalhar fazer uma enumeração cuidadosa das fontes de informação ao nosso alcance: Pessoas, Instituições, Livros.

Por cada uma delas será bom fazer uma ficha, de começo incompleta e que irá sendo preenchida à medida que as informações forem sendo colhidas.

Já indiquei atrás como fazer as fichas dos Livros. Para as Instituições e para as Pessoas poderemos proceder de igual forma anotando nome, morada, campo de acção e impressões da visita feita.

2 — **Visitas e entrevistas:**

Qualquer visita ou entrevista deve ser prèviamente preparada e anunciada pelo telefone.

Para as pessoas que supomos ter de procurar várias vezes é útil fazer uma ficha, por exemplo indicando:

apelido porque é conhecido
nome próprio
locais em que se pode encontrar
horas mais prováveis de o encontrar
números de telefone
nome dos auxiliares ou secretários
títulos académicos e funções que desempenha
obras publicadas
nome de amigos comuns ou referências mútuas.

Para o caso das Instituições deve fazer-se a ficha da pessoa que deverá estar mais em contacto connosco.

3 — **Leituras:**

Será preciso ler tudo o que de essencial foi escrito sobre os temas do nosso trabalho, registando simultâneamente as fichas críticas e de transcrições, como se indicou no capítulo 060.

064 — A apreciação

1 — Classificação das notas:

Uma vez condensado em notas pessoais ou fichas o resultado das entrevistas, visitas e leituras vamos distribuí-los e agrupá-los de acordo com os títulos e subtítulos do nosso esquema.

Feito isto começa-se a ler o material pela ordem do esquema apreciando a ligação e ordenação das ideias assim obtida.

É muito provável que a primeira tentativa resulte fracassada e seja necessário fazer novo esquema, agrupar as fichas de outra maneira, fazer novas leituras e investigações para preencher lacunas e finalmente eliminar algumas fichas que se tornam supérfluas.

Este trabalho exige muita paciência, critério e bom senso.

É terrível chegar à conclusão de que é preciso voltar ao princípio quando julgávamos o trabalho próximo do fim.

Não é menos doloroso pôr de lado documentação tão laboriosamente obtida, para não atravancar de inutilidades uma exposição que deve ser sóbria e clara.

Mas tudo isso é preciso para atingir o objectivo que nos imposemos e fazer um trabalho probo e inteligível.

2 — Aproveitamento do refugo

As fichas dispensadas de um primeiro trabalho poderão ser preciosas para a execução de um segundo ou terceiro, pelo que poderão desde já ser classificadas como elementos de Projecto II, Projecto III ou Projecto VI.

Para não nos distrairmos do trabalho em curso, mas também para não perdermos ideias que reputamos proveitosas, podem-se ir juntando às fichas refugadas notas com:

«Leituras a fazer oportunamente», «Ideias a trabalhar posteriormente».

Em caso algum se deve pôr de lado um trabalho começado, para pegar noutro antes de ter acabado o primeiro. Se alguém o faz é por vício iminentemente nefasto.

3 — Redacção:

Chegados finalmente ao esquema mais lógico, documentadas todas as alíneas e expurgado todo o material inútil, passaremos à redacção.

Antes de o fazer, se não formos especialmente dotados na arte bem escrever é de boa norma fazer uma leitura dos bons clássicos da língua, para apanhar a toada e cultivar o estilo, tantas vezes esquecido nas publicações técnicas nacionais e ausente nos livros de outras línguas que fomos obrigados a consultar.

Finalmente após a redacção, não é vergonha pedir a um especialista para corrigir a ortografia e a sintaxe.

As pessoas que falam melhor do que escrevem têm o recurso de «gravar» o trabalho, como se consistisse numa dissertação oral.

4 — Meditação:

Redigido o trabalho pareceria à primeira vista que a tarefa estava terminada. Tal não acontece.

É de aconselhar, durante algum tempo não lhe pôr a vista em cima e guardá-lo a um canto da gaveta.

Quando estivermos seguros de ser capazes de o ler com isenção e imparcialidade, deveremos fazê-lo de um só fôlego, sem interrupções, colocando-nos na posição do futuro leitor.

Faremos então a nós mesmos perguntas como estas :

Qualquer pessoa ficará com uma ideia clara e simples do que se quis dizer?
Há algum ponto confuso ?
Há pontos prolixos e desnecessários para chegar à conclusão ?

Provàvelmente em mais de metade dos casos a auto-crítica imparcial dir-nos-á que o melhor é deitar fora aqueles papéis e fazer outros novos.

O trabalho intelectual exige uma afinação progressiva e laboriosa; para conseguir resultados satisfatórios, é necessário um pouco de talento e muita perseverança.

A meditação sobre o trabalho feito é indispensável. Se quisermos produzir depressa de mais, cedo nos arrependeremos da precipitação.

065 — **A Acção**

1 — **Confiança :**

O elemento fundamental para o êxito de qualquer acção é a confiança na verdade dos objectivos a atingir e eficácia dos métodos empregados. Por esta razão todo o tempo gasto no estudo e preparação é tempo ganho na acção, não só pela resolução prévia das dificuldades como pela confiança que fomenta.

2 — **Deliberação :**

Durante o estudo há que atender a todas as sugestões, dar guarida a todas as dúvidas, pesar todas as soluções: uma vez começada a acção não há que atender a sugestões, nem que pôr dúvidas; há pura e simplesmente que executar o plano traçado. Só novos elementos que resultem da própria acção podem influir na sua correcção.

3 — **O ensaio progressivo :**

Novos processos de Organização e Administração de Empresas embora maduramente estudados não devem executar-se imediatamente em grande escala.

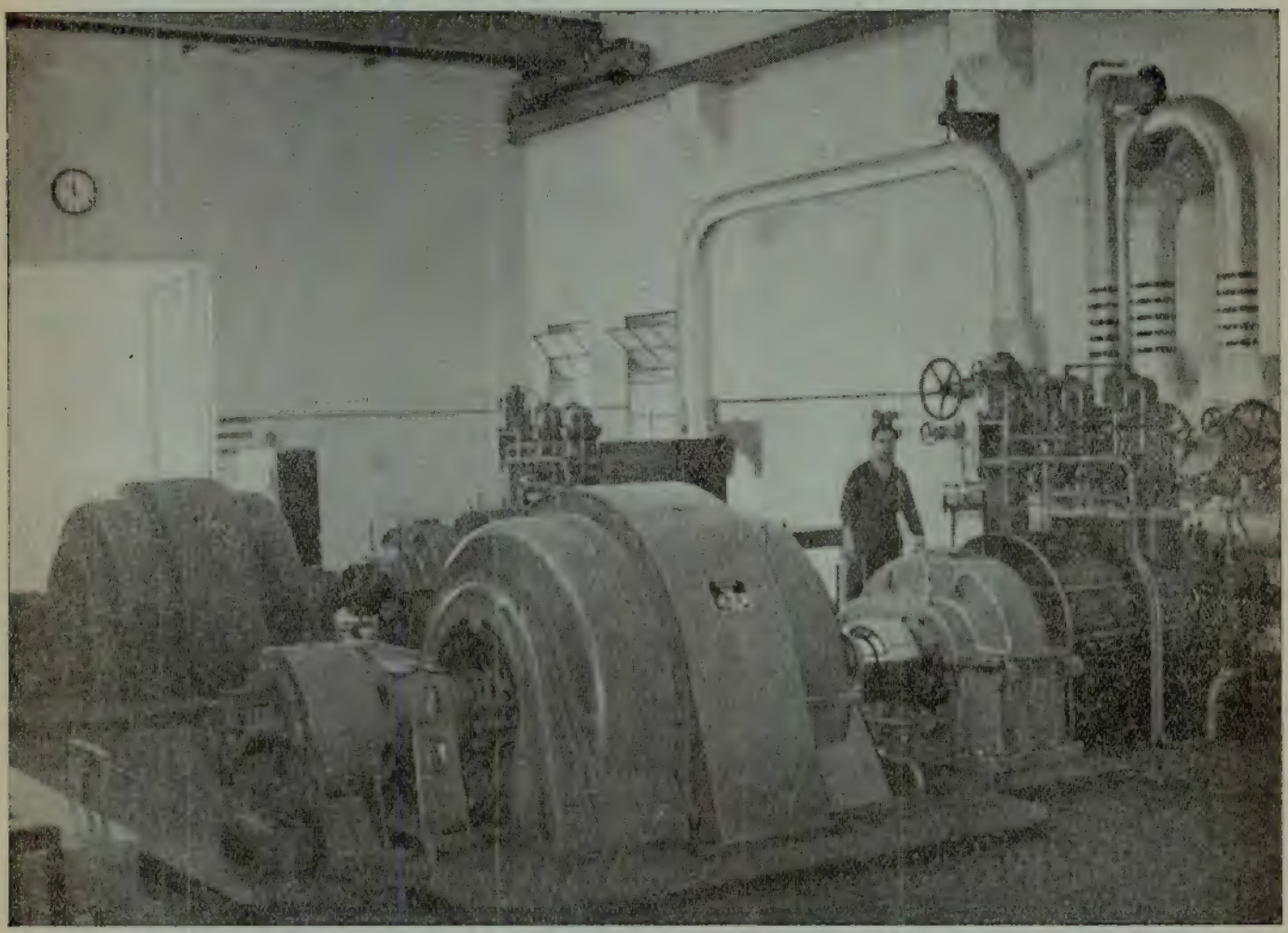
Repare-se que o trabalho efectuado no Estudo corresponde à Observação e à Hipótese do Método Científico; só a Experimentação poderá justificar a Generalização.

Por isso o estudo deve ser posto em Ensaio restricto, antes de generalizado.

Geralmente os ensinamentos do Ensaio ou ainda melhor, dos Ensaios em diferentes condições, são a única forma de chegar a generalizações aceitáveis.

SOCIÉTÉ ALSTHOM

PARIS



2 dos 3 grupos turbo-alternadores instalados na Central Termoeléctrica da

SACOR

Sociedade Anónima Concessionária da Refinação de Petróleos em Portugal

DELEGADOS

AGÊNCIA GERAL DE MATERIAL ELÉCTRICO, L.DA

Rua dos Industriais, 4-1.º ◆ às Cortes ◆ LISBOA ◆ Telefs. 660692-666082-660604

RÉGUAS DE CÁLCULO

FABRICO ALEMÃO

Numa grande variedade de sistemas em modelos de bolso, escritório e de parede.

As réguas de cálculo **ARISTO** são precisas, resistentes, práticas e duma concepção completamente diferente de todas as outras. Escreva a pedir preços e catálogos aos

Representantes exclusivos para Portugal:

EMÍLIO DE AZEVEDO CAMPOS & C.A, L.DA

CASA FUNDADA EM 1854

Sede: R. de Santo António, 137 — PORTO
Telef. 20254/5

Filial: R. Antero de Quental, 17 — LISBOA
Telef. 51306

Corrente Contínua para a Indústria

RECTIFICADORES DE VAPOR DE MERCÚRIO

Projectados pelos engenheiros especialistas da BTH, e construídos por homens com longa experiência neste tipo de equipamento de conversão os rectificadores BTH, pelo seu serviço eficiente e seguro alcançaram no mundo inteiro uma reputação sem igual.

A figura mostra parte de uma instalação de rectificadores em tanque de aço, sem bomba da União Fabril do Azoto-Alferrarede. Estes rectificadores alimentam dois conjuntos de células electrolíticas de 15.000 amp. 600 volts que fornecem hidrogénio para produção de amónio.

THE **BRITISH THOMSON-HOUSTON** COMPANY LIMITED, RUGBY, ENGLAND

Member of the AEI group of companies

REPRESENTANTES GERAIS

GENERAL ELECTRIC PORTUGUESA

RUA DO NORTE, 5 – LISBOA • RUA SÁ DA BANDEIRA, 585 – PORTO

A 6654

C. D. 545:539.16.08(546.792 + 546.84)

Um novo método de análise de minérios complexos de urânio e tório por medida exterior da actividade γ

Recebido em 20 de Junho de 1955

J. M. CAYOLLA CARPINTEIRO

ENGENHEIRO QUÍMICO I. S. T.
ASSISTENTE DO I. S. T.
BOLSEIRO DO I. A. C.

Summary

It is well known that the determination of Uranium and Thorium in natural radioactive ores is a very tedious and time consuming operation.

This is the reason why the general chemical method can not compete in simplicity and quickness with some radiometric methods, wich have been developed during the last five years, in order to satisfy the modern requirements of radioactive ore's prospection.

The majority of these radiometric methods start with the assumption that the natural radioactive families are in complet secular equilibrium in the ore. Besides that, it is generaly necessary to carry out measurements of different kinds of activity, namely $\beta + \gamma$, $\alpha + \beta + \gamma$ *etc.*

The method presented now has the advantage of a great simplicity, since we only measure the γ *activity, and moreover, we only hawe to suppose that the secular equilibrium is established between Ur and Ra, or ThX and Th. This gives the method a big generality of aplication since, as it is known, the secular equilibrium is destroyed very easily by escapment of gaseous elements such as Rn and Tn.*

All we have to do in this method is to boil the ore with aqua-regia during about one hour in a ring-shaped vessel, close it after this time, and wait about 3 hours. Then we measure the γ *activity during about half an hour. After that we must only carry on another measurement of* γ *activityat any moment in one of the next 3 days following the mineral's attack.*

These two measurements are all we need to get the contents in Ur and Th of the ore.

I — TEORIA

Nesta primeira parte será exposta a base puramente teórica do método, a partir duma estruturação de hipóteses admissíveis, e escolhidas de modo a que resulte delas a maior simplificação possível do ponto de vista matemático.

Quando se rompe o equilíbrio secular duma família radioactiva por eliminação rápida dos elementos gasosos, passam-se diversos fenómenos de variação da actividade total com o tempo, cujo estudo comparado nos vai permitir conceber um processo expedito e rápido de análise dos minérios naturais.

Consideremos em separado as famílias do urânio e do tório, e vejamos o que se passa em cada uma delas em relação aos emissores γ.

1.º — Família do Urânio

Suponhamos que por um processo qualquer, cuja realização prática será descrita posteriormente, eliminamos num determinado instante toda a emanação em equilíbrio radioactivo com os seus antecessores e sucessores e que durante um certo tempo θ subsequente todo o Rn que se vai formando a partir do Ra é extraída à medida que se forma. Findo o intervalo de tempo $\Delta t = \theta$ a emanação

formada passa novamente a ficar em contacto com os outros membros da família. Estudemos como varia com o tempo a actividade total dos emissores γ. Como o equilíbrio não é destruído senão a partir do Rn a actividade alterada é apenas a devida aos elementos que na família figuram depois do Rn.

Analisemos a parte que nos interessa do esquema de desintegração

$$\underset{\substack{86\\0}}{\overset{222}{R_n}} \xrightarrow{\alpha} \underset{\substack{84\\1}}{\overset{218}{RaA}} \xrightarrow{\alpha} \underset{\substack{82\\2}}{\overset{214}{RaB}} \xrightarrow[\gamma\ 0{,}35\ Me_v]{\beta-} \underset{\substack{83\\3}}{\overset{214}{RaC}} \xrightarrow[\gamma\ 1{,}8\ a\ 2{,}2\ Me_v]{\beta-} \underset{4}{RaC'} \xrightarrow{\alpha}$$

Os únicos emissores γ de energia apreciável a considerar são como se vê o RaB e o RaC.

No estudo que se segue todas as grandezas relativas a um determinado elemento levam um índice igual ao número inteiro escrito por baixo do mesmo elemento no esquema de desintegração.

a) Estudo da primeira fase — Eliminação.

Sejam N_{io} os números de átomos presentes do elemento *i* antes de se começar o tratamento. Havendo equilíbrio secular, como é natural num minério, verificam-se as igualdades:

$$\lambda_1 N_{10} = \lambda_2 N_{20} = \lambda_3 N_{30} = \lambda_0 N_{00} = k \tag{1}$$

As actividades de todos os membros da família são iguais.

Suponhamos agora que num determinado instante suprimimos o Rn tão ràpidamente quanto possível — na teoria instantaneamente — e tomemos este momento para origem do tempo. As equações a integrar e que representam a variação dos números de átomos com o tempo são:

$$\frac{dN_1}{d\theta} = -\lambda_1 N_1 \qquad \theta = 0$$

$$(2) \qquad \frac{dN_2}{d\theta} = -\lambda_1 N_1 - \lambda_2 N_2 \qquad N_1 = N_{10} \qquad \text{dados pela condição de equilíbrio (1).}$$

$$\frac{dN_3}{d\theta} = -\gamma_2 N_2 - \lambda_3 N_3 \qquad N_3 = N_{30}$$

A integração destas equações diferenciais, todas lineares é imediata e conduz às funções

$$N_1 = \frac{k}{\lambda_1} e^{-\lambda_1 \theta} \qquad N_2 = \frac{k}{\lambda_1 - \lambda_2}\left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2} e^{-\lambda_2 \theta} - e^{-\lambda_1 \theta}\right) \tag{3}$$

$$N_3 = k\,(a'_1 e^{-\lambda_1 \theta} + a'_2 e^{-\lambda_2 \theta} + a'_3 e^{-\lambda_3 \theta})$$

A representação gráfica do sistema (3) é apresentada na figura (1).

A passagem para a curva de actividade total é extremamente simples: basta multiplicar as as curvas de N_2 e N_3 por λ_2 e λ_3 e somar as ordenadas para cada um dos valores do tempo (fig. 2).

Como é evidente, a actividade em equilíbrio vale $A_\infty = \lambda_2 N_{20} + \lambda_3 N_{30} = 2\,k$. Se for θ o tempo de eliminação do Rn a actividade final será obtida por aplicação desse valor em (3) tendo em conta os valores numéricos dos $\lambda\lambda$:

$$\begin{aligned} \lambda_0 &= 1{,}26.10^{-4}\ \text{min}^{-1} \\ \lambda_1 &= 2{,}27.10^{-1}\ \ » \\ \lambda_2 &= 2{,}59.10^{-2}\ \ » \\ \lambda_3 &= 3{,}52.10^{-2}\ \ » \end{aligned} \tag{3'}$$

b) Estudo da segunda fase — Recuperação.

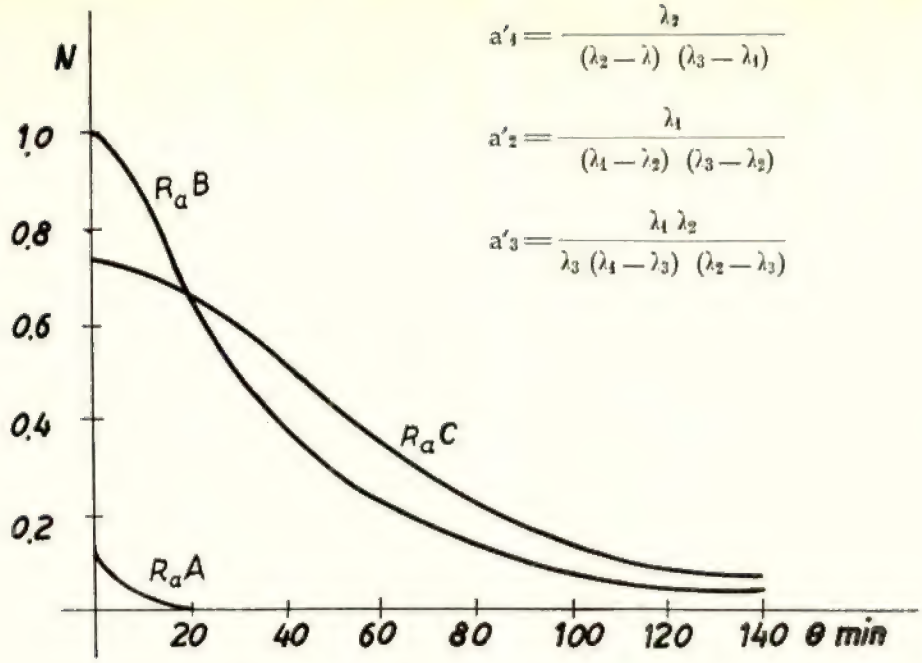


Fig. 1 — Variação do número de átomos de RaA RaB e RaC com o tempo depois da extracção instantânea de todo o Rn.

N vs θ

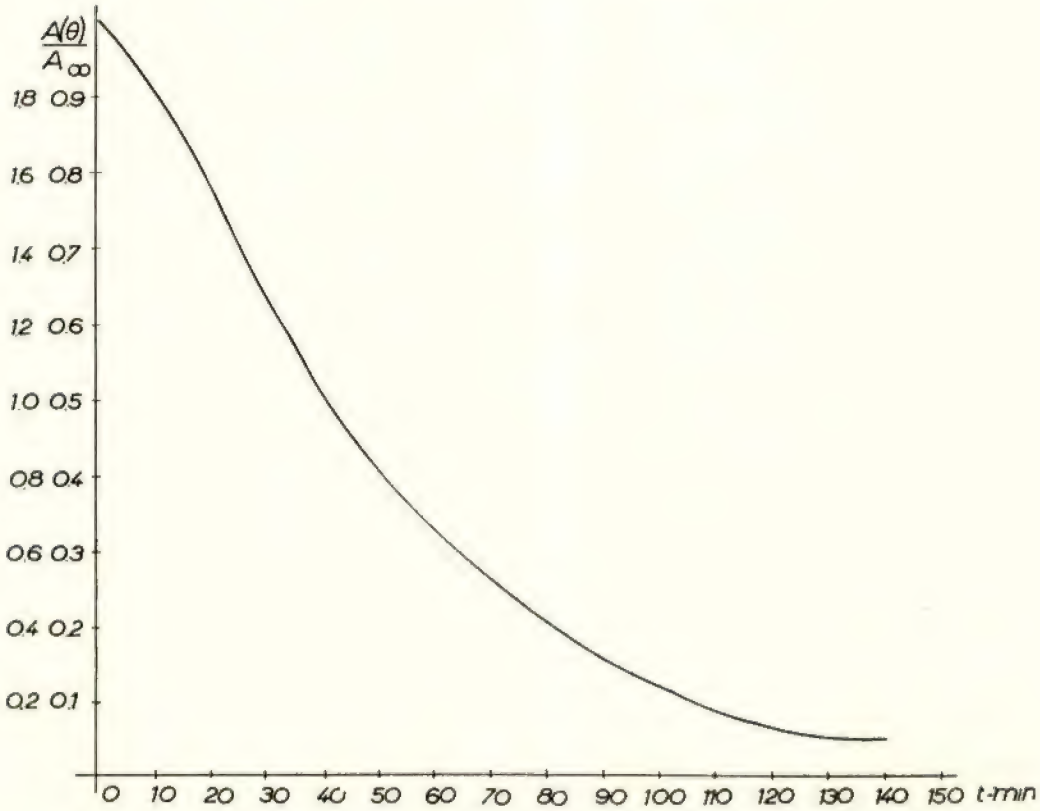


Fig. 2 — Variação da actividade com o tempo na primeira fase

$A(\theta)/A_\infty$ vs θ

Mudemos a origem dos tempos para o instante em que se começa a permitir a presença do Rn.

1 — Formação do Rn e sua desintegração.

$$d\,N_0 = (k - \lambda_0 N_0)\,dt \qquad N_0 = k\,(a_0\,e^{-\lambda_0 t} + a_1)$$

$$\int_0^{N_0} \frac{d\,N_0}{k - \lambda_0 N_0} = t \qquad a_0 = -\frac{1}{\lambda_0} \qquad a_1 = \frac{1}{\lambda_0}$$

2 — Formação do RaA e sua desintegração

$$\frac{d\,N_1}{dt} = \lambda_0 N_0 - \lambda_1 N_1 = k\,(1 - e^{-\lambda_0 t}) - \lambda_1 N_1$$

A integração dá :

$$b_0 = \frac{1}{\lambda_0 - \lambda_1}$$

$$N_1 = k\,(b_0\,e^{-\lambda_0 t} + b_1\,e^{-\lambda_0 t} + b_2) \qquad b_1 = \frac{N'_1}{k} + \frac{\lambda_0}{\lambda_1\,(\lambda_1 - \lambda_0)}$$

$$b_2 = \frac{1}{\lambda_1}$$

3 — RaB

$$\frac{d\,N_2}{d\,t} = \lambda_1 N_1 - \lambda_2 N_2$$

$$N_2 = k\,(c_0\,e^{-\lambda_0 t} + c_1\,e^{-\lambda_1 t} + c_2\,e^{-\lambda_2 t} + c_3) \tag{6}$$

$$c_0 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_0}\,b_0 \qquad c_1 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1}\,b_1 \qquad c_2 = \frac{N'_2}{k} - c_0 - c_1 - c_3 \qquad c_3 = \frac{1}{\lambda_2}$$

4 — RaC

$$\frac{d\,N_3}{dt} = \lambda_2 N_2 - \lambda_3 N_3$$

$$N_3 = k\,(d_0\,e^{-\lambda_0 t} + d_1\,e^{-\lambda_1 t} + d_2\,e^{-\lambda_2 t} + d_3\,e^{-\lambda_3 t} + d_4) \tag{7}$$

$$d_0 = \frac{\lambda_2}{\lambda_3 - \lambda_0}\,c_0 \qquad d_1 = \frac{\lambda_2}{\lambda_3 - \lambda_1}\,c_1 \qquad d_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_3 - \lambda_2}\,c_2 \qquad d_4 = \frac{1}{\lambda_3}$$

$$d_3 = \frac{N'_3}{k} - d_0 - d_1 - d_2 - d_4$$

Actividade total

$$A\,(t, \theta) = \lambda_2 N_2 + \lambda_3 N_3 \tag{8}$$

Sendo a actividade relativa

$$f\,(t, \theta) = \frac{A\,(t, \theta)}{A_\infty}$$

Em todas as equações (4), (5), (6) e (7) N'_1, N'_2 e N'_3 representam os valores de N_1, N_2 e N_3 dados por (3) no fim da primeira fase.

Como era de esperar todas as curvas dos NN tem andamento assintótico para a ordenada de valor $\frac{k}{\lambda}$ visto que o termo independente do tempo é sempre o inverso da constante de desintegração.

A actividade total tenderá portanto a restabelecer o valor do equilíbrio

$$\lim_{t \to \infty} A(t, \theta) = A_\infty \qquad \lim_{t \to \infty} f(t, \theta) = 1$$

Na prática este valor é atingido ao fim dum tempo finito devido às flutuações estatísticas.

Estudemos agora como varia com o parâmetro θ a função $f(t, \theta)$. Suponhamos que levamos a eliminação do Rn mais ou menos longe de modo a termos $A(0, \theta) = \alpha A_\infty$ $\alpha = 0{,}1 ; 0{,}2 ; \ldots 0{,}9$ $A_\infty = 2\,k$ e vejamos o que se passa na face de recuperação. Como os diferentes valores de θ e α vêm apenas alterar as constantes de integração sem interferir nas expressões analíticas das equações que regem o processo, tudo se resume em calcular novamente para cada caso os valores das constantes que figuram em 4, 5, 6, 7 e fazer as representações gráficas.

As curvas obtidas têm o andamento apresentado na fig. 3, o que nos permite tirar uma conclusão extremamente interessante:

Qualquer que seja θ a partir dum determinado valor de t ($\approx$ 5 horas) a curva de recuperação é comum, isto é: $\left[\frac{\partial}{\partial \theta} f(t, \theta)\right]_{t > t_1} \approx 0$

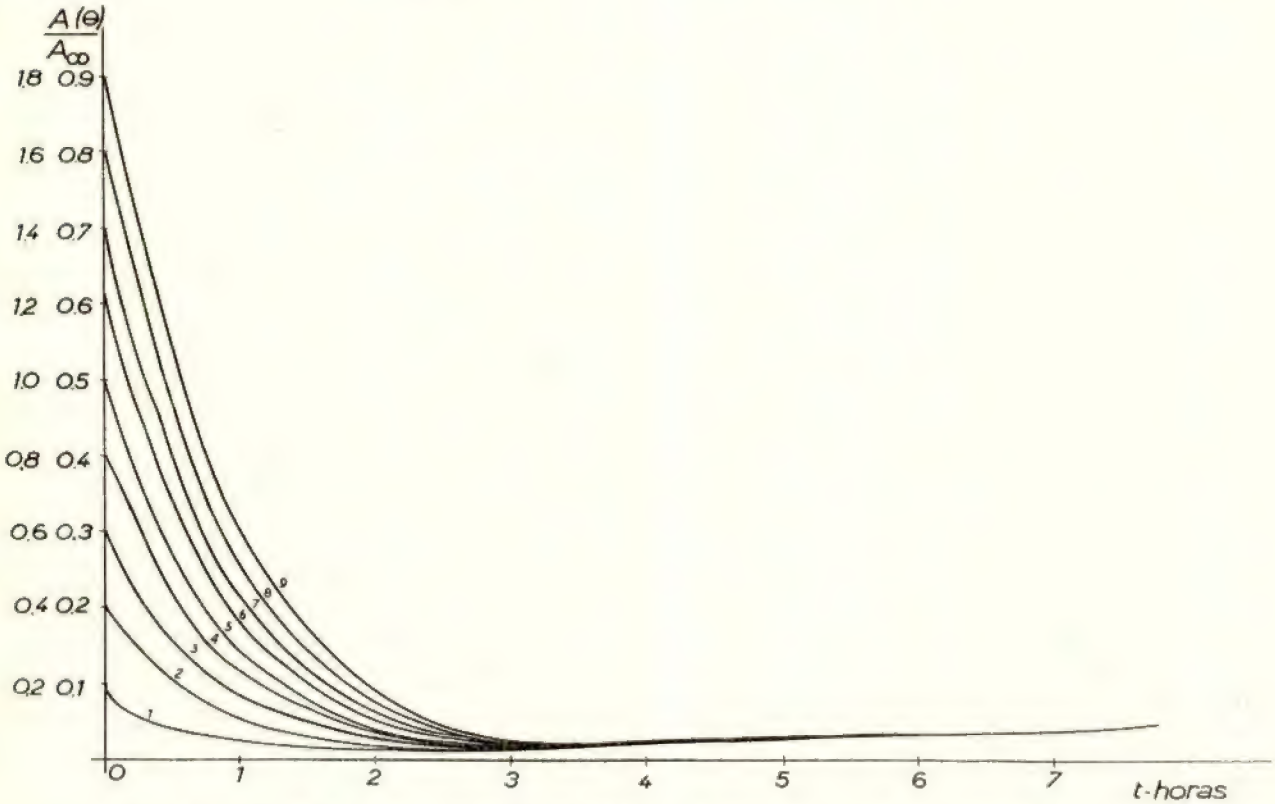


Fig. 3 — Evolução da actividade no início da 2.ª fase para diversos valores de θ e de $A(\theta)/A_\infty$
$A(t)/A_\infty$ vs t

Este é um resultado extremamente importante pela simplificação que representa e que aliás, era de esperar. Com efeito, para compreender isto, basta comparar no sistema (3') os valores dos $\lambda\lambda$.

Estes valores mostram-nos que a constante λ_0 é 100 vezes mais pequena que a menor das outras, ou seja a evolução do Rn é 100 vezes mais lenta que a do mais lento dos outros. É portanto subordinado a este elemento que todo o processo vai evoluir.

Deste modo o tempo de recuperação até um valor determinado é único, e o seu cálculo imediato. Atendendo à forma de A (t) dada por (8)

$$A(t, \theta) = \sum_{i=o}^{3} gi\, e^{-\lambda it} + g_i - 2\, k \left(1 - e^{-\lambda ot}\right) \tag{9}$$

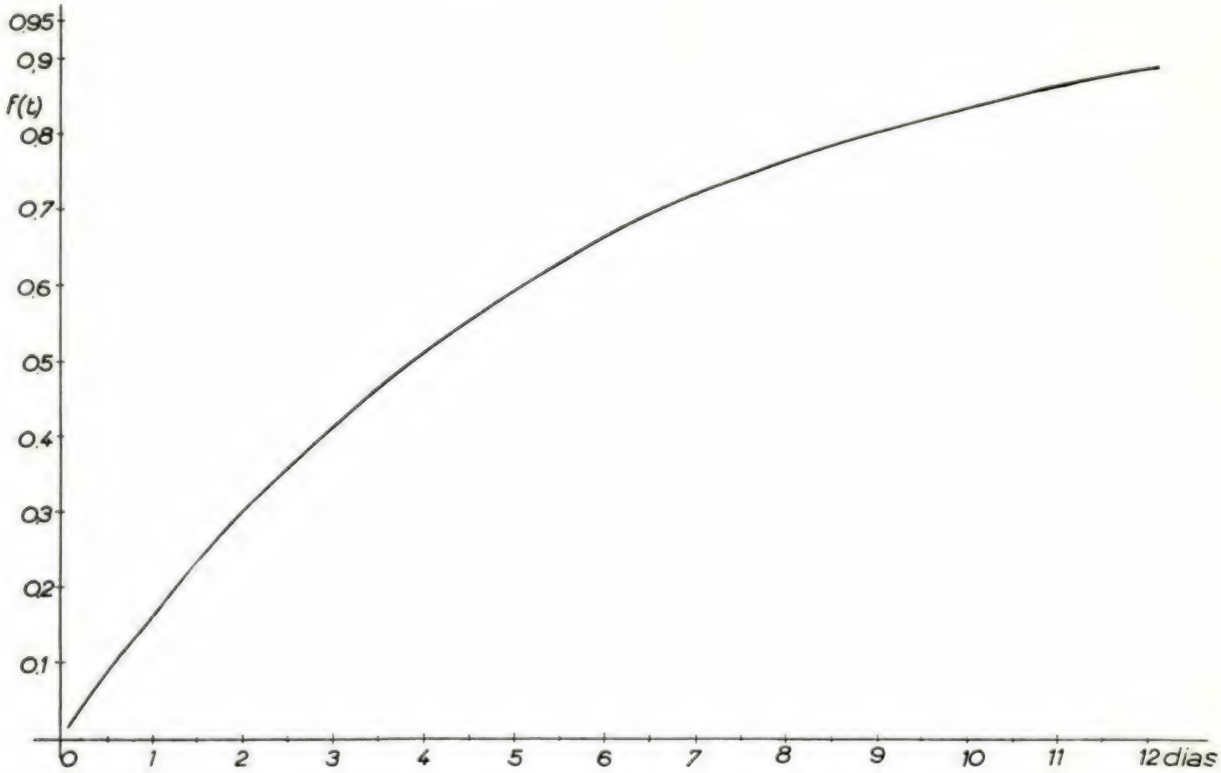


Fig. 4 — Recuperação da actividade na 2.ª fase para t > 5 horas
f (t) vs t

O tempo de recuperação até 0,9 A_∞ por exemplo será dado pela equação

$$f(t) = 1 - e^{-\lambda ot} = 0{,}9$$

Resolvida a equação logarítmica em (t) temos o valor

$$t = 12{,}6 \text{ dia} \tag{10}$$

As simplicações teóricas que introduzimos para analisar todo o processo merecem no entanto alguns reparos dentre os quais sobressai pela sua importância, o relativo à hipótese, irrealizável na prática, de eliminar toda a emanação e, além disso, instantâneamente. O que na realidade acontece é ficarmos ainda com algum Rn no fim do tempo θ. Esta emanação remanescente permanece em equilíbrio com uma parte dos filhos RaA e RaB e portanto a actividade devida a esta fracção de RaB e RaC não se altera com o tempo. Mais ainda, existem na família alguns elementos anteriores ao radão que emitem radiação γ e cuja actividade de modo nenhum é alterada pelo ataque. À causa anterior vem sobrepor-se mais esta, no sentido de se manter no fim da eliminação uma actividade remanescente εA_∞ inalterada. É fácil corrigir as equações deduzidas em relação a este factor.

Seja εA_∞ a fracção de actividade inicial que fica constante no tempo. A curva de recuperação, soma desta parcela constante com a variável $(1-\varepsilon)\ f(t)$ será:

$$A_1(t) = \left[\varepsilon + (1-\varepsilon)\ f(t,\theta)\right] A_\infty \qquad \varepsilon = \frac{A_1 - A_\infty f}{A_\infty (1-f)} \tag{8'}$$

curva cuja assíntota é ainda A_∞ tal como a de $f(t)$. (8') mostra que ε se pode calcular experimentalmente medindo A_1 em instantes diferentes, mas todos para além do instante em que as curvas (3) são comuns. Os valores achados para a fracção devem ser próximos. Tomando o valor médio de $\bar{\varepsilon}$ ele vai permitir-nos passar a curva experimental para uma curva teórica tanto mais vizinha daquela quanto menor for o erro quadrático médio de $\bar{\varepsilon}$:

$$\bar{f} = \left[\bar{\varepsilon} + (1-\bar{\varepsilon})\ f(t)\right] = \frac{\bar{A}(t)}{A_\infty}$$

Sendo $\bar{f}(t)$ a actividade corrigida a partir de $A(t)$ e A_∞.

A equação (8) merece ainda uma observação explicativa.

Com efeito, as grandezas $\lambda_2 N_2$ e $\lambda_3 N_3$ representam actividades totais isto é o número integral de desintegrações de RaB e RaC na unidade de tempo. Ainda que o rendimento de contagem de fotões γ varie com a energia desses fotões vamos ver que apesar dos espectros γ dos dois radionuclidos RaB e RaC serem diferentes, a relação entre as velocidades de contagem devidas a um e outro não se altera durante o processo.

Com efeito, para valores suficientemente grandes do tempo, (9) reduz a

$$\frac{A(t)}{A_\infty} = 1 - e^{-\lambda_0 t} \tag{12}$$

visto que todas as exponenciais são pràticamente nulas à excepção de $e^{-\lambda_0 t}$. Como o menor dos $\lambda\lambda$ diferentes de λ_0 é $\lambda_3 = 3{,}52.10^{-2}\ \text{min}^{-1}$, dentro da aproximação em que temos trabalhado $(e^{-10} \sim 0)$ (12) é válida a partir de

$$t \geqslant \frac{10}{3{,}52\ \ 10^{-2}}\ \text{min} \quad \sim \quad 5\ \text{horas}$$

Do mesmo modo

$$\lambda_2 N_2 \sim k\ (c_0\, e^{-\lambda_0 t} + c_3)\,\lambda_2 \qquad \text{e} \qquad \lambda_3 N_3 = k\ (d_0\, e^{-\lambda_0 t} + d_4)\,\lambda_3$$

$$\frac{\lambda_2 N_2}{\lambda_3 N_3} = \frac{\lambda_2\, c_0\, e^{-\lambda_0 t} + \lambda_2\, c_3}{\lambda_2\, d_0\, e^{-\lambda_0 t} + \lambda_3\, d_4} \tag{13}$$

atendendo aos valores de c_0, d_0, c_3, d_4 e dos $\lambda\lambda$:

$$\lambda_2\, c_3 = 1 \qquad c_0 = -\frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_0} \cdot \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_0} \sim -\frac{1}{\lambda_2}$$

$$\lambda_3\, d_4 = 1 \qquad d_0 = \frac{\lambda_2}{\lambda_3 - \lambda_0}\, c_0 \sim -\frac{\lambda_2}{\lambda_3} \cdot \frac{1}{\lambda_2} = \frac{1}{\lambda_3} \tag{13^1}$$

ou

$$\lambda_2\, c_0 \sim -1$$
$$\lambda_3\, d_0 \sim -1$$

por ser λ_0 cem vezes menor que λ_2 ou λ_3 e mil vezes menor que λ_1.

Quando (12) for verdadeira a relação entre as actividades dos RaB e C dada por (13) pode portanto escrever-se:

$$\frac{\lambda_2 N_2}{\lambda_3 N_3} \sim \frac{1-e^{-\lambda_0 t}}{1-e^{-\lambda_0 t}} = 1 \qquad (14)$$

pràticamente constante e independente do tempo

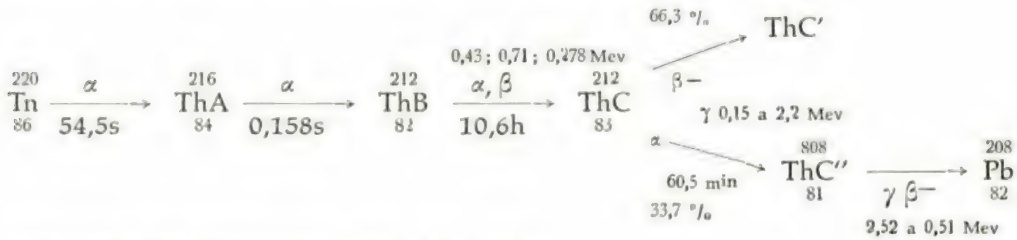
(14) mostra que tudo se passa como se a condição de equilíbrio secular (1) estivesse restabelecida entre RaB e RaC.

Sendo assim a relação entre a resposta do tubo e as somas das actividades absolutas dos emissores γ de diferentes energias é ainda igual ao que era antes do ataque do minério porque a proporção relativa dos emissores não variou. Não há portanto que entrar nas equações com os coeficientes de eficiência.

* * *

Vejamos agora o que se passa com a família do tório.

Esquema de desintegração dos elementos posteriores ao Tn



Emissores que interessam: ThB, ThC, ThC''

a) Fase de queda

$$\frac{dN_1}{dt} = -\lambda_1 N_1 \qquad \frac{dN_2}{dt} = \lambda_1 N_1 - \lambda_2 N_2$$

$$\frac{dN_3}{dt} = \lambda_2 N_2 - \lambda_3 N_3 \qquad \frac{dN_4}{dt} = \frac{1}{3}\lambda_3 N_3 - \lambda_4 N_4$$

O factor 1/3 aparece na última equação (15) porque apenas cerca de 1/3 dos átomos de ThC segue a via de desintegração que dá ThC''.

Este sistema integrado conduz a equações idênticas às do sistema (3) e ainda a

$$N_4 = k\left(b'_1 e^{-\lambda_1 t} + b'_2 e^{-\lambda_2 t} + b'_3 e^{-\lambda_3 t} + b'_4 e^{-\lambda_4 t}\right)$$

com

$$b'_1 = \frac{\lambda_2 \lambda_3}{3(\lambda_2-\lambda_1)(\lambda_3-\lambda_1)(\lambda_4-\lambda_1)} \qquad a'_1 = \frac{\lambda_2}{(\lambda_2-\lambda_1)(\lambda_3-\lambda_1)}$$

$$b'_2 = \frac{\lambda_1 \lambda_3}{3(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_3-\lambda_2)(\lambda_4-\lambda_2)} \qquad a'_2 = \frac{\lambda_1}{(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_3-\lambda_2)}$$

$$b'_3 = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{3(\lambda_1-\lambda_3)(\lambda_2-\lambda_3)(\lambda_4-\lambda_3)} \qquad a'_3 = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_3(\lambda_1-\lambda_3)(\lambda_2-\lambda_3)}$$

$$b'_4 = \frac{\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3}{3(\lambda_1-\lambda_4)(\lambda_2-\lambda_4)(\lambda_3-\lambda_4)} \qquad (16)$$

$$\begin{aligned} \lambda_0 &= 0{,}763 && \text{min}^{-1} \\ \lambda_1 &= 2{,}63.10^{2} && » \\ \lambda_2 &= 1{,}09.10^{-3} && » \\ \lambda_3 &= 0{,}687 && » \\ \lambda_4 &= 1{,}34.10 && » \end{aligned} \tag{17}$$

Agora a substância do período mais longo é um dos filhos e as grandes diferenças entre os valores dos $\lambda\lambda$ permitem-nos simplificar o cálculo dos valores dos b' b' e dos a' a':

$$a'_1 \sim 1{,}58.10^{-8} \sim 0 \qquad a'_2 \sim \frac{1}{\lambda_3} \qquad a'_3 = -\,2{,}31.10^{-3} \text{ min}$$

$$b'_1 \sim 0 \qquad b'_2 \sim \frac{1}{3\,\lambda_4} = 2{,}49.10^{-2} \qquad b'_3 \sim 0 \qquad b'_4 \sim 0$$

A actividade total γ é dada agora por

$$A\,(t, \theta) = \lambda_2\, N_2 + \frac{1}{3}\,\lambda_3\, N_3 + \lambda_4\, N_4 \tag{18}$$

e para os valores de $\theta > \dfrac{10}{0{,}687} \sim 15$ min dentro da mesma aproximação usada até agora, isto é, $e^{-10} \sim 0$ e não esquecendo a expressão de N_2 dada por (3):

$$N_2 = \frac{k}{\lambda_1 - \lambda_2}\left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\, e^{-\lambda_2 \theta} - e^{-\lambda_1 \theta}\right) \sim \frac{k}{\lambda_2}\, e^{-\lambda_2 \theta}$$

esta expressão (18) transforma-se simplesmente em

$$A_3\,(0, \theta) = k\, e^{-\lambda_2 \theta}\left(1 + \frac{2}{3}\right) = A_\infty\, e^{-\lambda_2 \theta} \tag{19}$$

e

$$\varphi\,(0, \theta) = e^{-\lambda_2 \theta}$$

visto que no equilíbrio $(\theta,\ t = 0)$ as equações 2ª, 3ª e 4ª do sistema (15) igualados a zero fornecem as condições

$$\lambda_1\, N_{10} = \lambda_2\, N_{20} = k$$

$$\lambda_2\, N_{20} = \lambda_3\, N_{30} = k$$

$$\lambda_4\, N_{40} = \frac{1}{3}\,\lambda_3\, N_{30} = \frac{1}{3}\,k$$

$$A_\infty = \lambda_2\, N_{20} + \frac{1}{3}\,\lambda_3\, N_{30} + \lambda_4\, N_{40} = \left(1 + \frac{2}{3}\right) k$$

A expressão (19) e o valor muito pequeno de λ_2 ($\lambda_2 = 1{,}09.10^{-3}$ min^{-1}) mostram que a redução da actividade para um mesmo valor de θ deve ser muito menor que a correspondente na família do urânio.

Supondo por exemplo $\theta = 60$ min (15) dá $A = 0{,}937\ A_0$ valor bastante mais elevado que os $0{,}33\ A_0$ dados pela curva (2) na família do Rádio.

b) Fase de recuperação

Descrita por equações idênticas às já integradas para o Urânio (4), (5), (6) e (7) e mais ainda

$$\frac{d\,N_4}{d\,t} = \frac{1}{3}\,\lambda_3\, N_3 - \lambda_4\, N_4 \qquad \text{relativa ao ThC''}.$$

O integral geral do sistema vem portanto acrescido de

$$N_4 = k\,(f_0\, e^{-\lambda_0 t} + f_1\, e^{-\lambda_1 t} + f_2\, e^{-\lambda_2 t} + f_3\, e^{-\lambda_3 t} + f_4\, e^{-\lambda_4 t} + f_5) \tag{20}$$

$$\text{com}\quad f_0 = \frac{1}{3}\,\frac{\lambda_3}{\lambda_4 - \lambda_0}\, d_0 \qquad f_1 = \frac{\lambda_3}{3\,(\lambda_4 - \lambda_1)}\, d_1 \qquad f_2 = \frac{\lambda_3}{3\,(\lambda_4 - \lambda_2)}\, d_2$$

$$f_3 = \frac{\lambda_3}{3\,(\lambda_4 - \lambda_3)}\, d_3 \qquad f_4 = \frac{N'_4}{K} - f_0 - f_1 - f_2 - f_3 - f_5 \qquad f_5 = \frac{1}{\lambda_4} \tag{21}$$

Valores das constantes de integração das equações equivalentes às 4, 5, 6 e 7. Usando as mesmas letras que anteriormente (valores expressos em minutos).

$$a_0 = -\frac{1}{\lambda_0} = -1{,}31 \qquad a_1 = 1{,}31$$

$$b_0 = \frac{\lambda}{\lambda_0 - \lambda_1} = -3{,}82\,.\,10^{-3} \sim -\frac{1}{\lambda_1} \qquad b_1 = \frac{N'_1}{K} + \frac{\lambda_0}{\lambda_1\,(\lambda_1 - \lambda_0)} = 1{,}11\,.\,10^{-5} \sim \frac{\lambda_0}{\lambda_1^2}$$

$$b_2 = \frac{1}{\lambda_1} = 3{,}80\,.\,10^{-3}$$

$$c_0 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_0}\, b_0 = 1{,}29 \sim \frac{1}{\lambda_0} \qquad c_1 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1}\, b_1 = -1{,}11\,.\,10^{-5} \sim -b_1$$

$$\frac{N'_2}{K} = \frac{e^{-\lambda_2 \theta}}{\lambda_2} \qquad c_2 = \frac{e^{-\lambda_2 \theta}}{\lambda_2} - 1{,}29 - \frac{1}{\lambda_2} \qquad c_3 = \frac{1}{\lambda_2} = 9{,}18\,.\,10^2$$

$$d_0 = \frac{\lambda_2}{\lambda_3 - \lambda_0}\, c_0 = -1{,}85\,.\,10^{-2} \qquad d_1 = \frac{\lambda_2}{\lambda_3 - \lambda_1}\, c_1 \sim 0 \qquad d_2 = \frac{\lambda_2\, c_2}{\lambda_3 - \lambda_2} = -2{,}08\,.\,10^{-1} \sim$$

$$\sim \frac{\lambda_2\, c_2}{\lambda_3}$$

$$N'_3 \sim \frac{e^{-\lambda_2 \theta}}{\lambda_3} \qquad d_3 = \frac{e^{-\lambda_2 \theta}}{\lambda_3} - d_0 - d_1 - d_2 - d_4 \qquad d_4 = \frac{1}{\lambda_3} = 1{,}46$$

$$f_0 = -\frac{1}{3}\,.\,1{,}01\,.\,10^{-3} \qquad f_1 \sim 0 \qquad f_2 = -\frac{1}{3}\,.\,1{,}07\,.\,10^{-2} \qquad \frac{N'_4}{K} = \frac{e^{-\lambda_2 \theta}}{\lambda_4}$$

$$f_5 - = \frac{1}{3}\,.\,7{,}48\,.\,10^{-2} \qquad f_3 = \frac{1}{3}\,.\,1{,}98\,.\,10^{-3} \tag{22}$$

Para $t > 15$ min são nulas as contribuições de todas as exponenciais excepto as de $e^{-\lambda_2 t}$; podemos portanto escrever

$$A\,(t, \theta) = k\left[e^{-\lambda_2 t}\left(c_2\,\lambda_2 + \frac{1}{3}\, d_2\,\lambda_3 + f_2\,\lambda_4\right) + \lambda_2\, c_3 + \frac{1}{3}\,\lambda_3\, d_4 + \lambda_4\, f_5\right] \tag{23}$$

para $t \geqslant 15$ min.

$$\lambda_2 c_2 = e^{-\lambda_2 \theta} - 1{,}29 \,.\, 1{,}09 \,.\, 10^{-3} - 1 \quad \sim \quad e^{-\lambda_2 \theta} - 1$$

$$\frac{1}{3} \lambda_3 d_2 \sim \frac{1}{3} \left(e^{-\lambda_2 \theta} - 1 \right)$$

$$f_2 d_4 = \frac{1}{3} \lambda_3 d_2 = \frac{1}{3} \left(e^{-\lambda_2 \theta} - 1 \right)$$

$$\lambda_2 c_3 + \frac{1}{3} \lambda_3 d_4 + \lambda_4 f_5 = \lambda + \frac{2}{3}$$

Substituindo em (19) e sabendo que $\left(\lambda + \frac{2}{3} \right) k = A_\infty$

$$\frac{A(t)}{A_\infty} = \varphi(t, \theta) = \left[1 - \left(1 - e^{-\lambda_2 \theta} \right) e^{-\lambda_2 t} \right] \tag{24}$$

$t \geqslant 15$ min.

Como $\lambda - e^{-\lambda_2 \theta} > 0$, (24) mostra que $\frac{\partial \varphi}{\partial t} > 0$ e portanto, contràriamente ao que acontecia na família do urânio, a curva de actividade nesta fase é sempre crescente, isto é, o mínimo coincide com o fim da eliminação do Tn. A consideração dos casos extremos

$$\begin{cases} \theta = 0 \\ A(t) = A_\infty \end{cases} \qquad \begin{cases} \theta = \infty \\ A(t) = A_\infty \left(1 - e^{-\lambda_2 t} \right) \end{cases} \text{(supondo a fonte de Tn inesgotável)}$$

levam-nos ainda a conclusões de acordo com a anterior, isto é, o andamento da curva de recuperação depende fundamentalmente de θ.

Anàlogamente ao que foi dito para a família do urânio se subsistir uma actividade remanescente δA_∞ a actividade relativa varia com o tempo não segundo (24) mas pela expressão

$$\frac{A(t)}{A_\infty} = \delta + (1 - \delta) \varphi$$

Em relação aos coeficientes de eficiência são válidas todas as considerações feitas na família do urânio, pois (23) mostra que a partir de $t = 15$ min se tem

$$\frac{d}{dt} \frac{\lambda_2 N_2}{\frac{1}{3} \lambda_3 N_3} = 0 \qquad \frac{d}{dt} \frac{\frac{1}{3} \lambda_3 N_3}{\lambda_4 N_4} = 0$$

Todas as conclusões anteriores nos permitem agora abordar o problema de determinar as percentagens de U e Th numa mistura de dois minérios em equilíbrio.

(24) pode escrever-se

$$\varphi(t, \theta) = 1 - \alpha e^{-\lambda_2 t} \qquad \alpha = 1 - e^{-\lambda_2 \theta} \tag{25}$$

Como o valor calculado de α para $\theta = 60$ min mostra, e porque λ_2 é da ordem de 10^{-3} a pendente da curva A (t) deve ser muito pequena. Com efeito, derivando (25)

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = \lambda_2 \alpha e^{-\lambda_2 t} \cdot A_\infty$$

e ainda no nosso exemplo

$$\alpha = 6{,}3.10^{-2} \qquad \frac{\partial \varphi}{\partial t} = 6{,}3.\ 1{,}09.\ 10^{-5}\ e^{-\lambda_2 t}\ \text{min}^{-1}$$

Seja agora A_∞ a actividade em equilíbrio duma massa m de um minério complexo de urânio e tório, $x A_\infty$ a actividade devida à família do urânio e $(1-x) A_\infty$ a devida à família do tório. A_∞ eliminar as fases gasosas estas actividades evoluem com o tempo segundo as equações respectivamente $x A_\infty f(t)$ e $(1-x) A_\infty \varphi(t)$ se supozermos $\varepsilon = \delta = 0$.

A actividade total no instante t será portanto:

$$A(t,\theta) = A_\infty [x f + (1-x) \varphi] \tag{26}$$

e a actividade relativa

$$\frac{A}{A_\infty} = x f + (1-x) \varphi$$

o que permite determinar x porque f e φ são conhecidos.

Se ξ e η forem as actividades específicas do urânio e do tório determinadas experimentalmente a partir de minérios cuja composição seja conhecida por análise química, as fracções de urânio e tório existentes em 1 g de amostra incógnita serão como é evidente

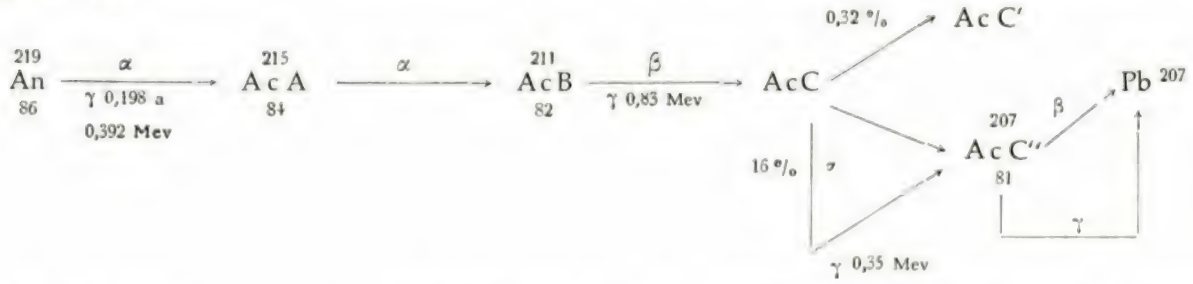
$$X = \frac{x A_\infty}{m \xi} \qquad Y = \frac{(1-x) A_\infty}{m \eta} \tag{27}$$

O Actínio como elemento interferente

Ainda que o Ac seja um elemento raro, é possível que algumas vezes nos encontremos em presença de um mineral de U + Ac, Th + Ac ou U + Th + Ac.

Esta possibilidade merece portanto ser analisada no sentido de determinar o tipo de interferência que o Ac pode introduzir no processo.

O estudo é feito de modo absolutamente análogo aos anteriores, havendo apenas a notar que agora a própria emanação de Ac é também emissor γ o que não se verificava na família do U nem na do Th:



$\lambda_0 = 10{,}6\ \text{min}^{-1}$
$\lambda_1 = 2{,}24.10^{-1}$
$\lambda_2 = 1{,}92.10^{-2}$
$\lambda_3 = 3{,}21.10^{-1}$
$\lambda_4 = 1{,}46.10^{-1}$

Os valores dos $\lambda\lambda$ permitem-nos já antever de que tipo será a evolução. De facto, tal como na família do Th o elemento de evolução mais lento, ao qual todo o processo estará subordinado é o n.º 2, ou seja o AcB. É de prever que tudo se passará como na família do Th, mas ainda com maior rapidez, visto que λ_2 (AcB) $>$ λ_2 (Th B). A recuperação prática deve-se fazer portanto num período de tempo com certeza inferior a um dia. Um cálculo rápido confirmará esta análise superficial. Usando uma notação paralela à empregada para o U e Th temos:

1.ª fase

$$a'_1 \sim 0 \qquad a'_2 \sim \frac{1}{\lambda_3 - \lambda_2} \qquad a'_3 \sim -\frac{\lambda_2}{\lambda_3\,(\lambda_3 - \lambda_2)}$$

$$N'_2 = \frac{K}{\lambda_2}\, e^{-\lambda_2 \theta} \qquad N'_3 = \frac{1}{\lambda_3 - \lambda_2}\, e^{-\lambda_2 \theta} - \frac{\lambda_2}{\lambda_3 - \lambda_2}\, e^{-\lambda_3 \theta}$$

$$A_\infty = 2{,}16\ k$$

$$A\ (0, \theta) \simeq k \left[1{,}16\ e^{-\lambda_2 \theta} - \frac{0{,}16\ \lambda_2}{\lambda_3 - \lambda_2}\, e^{-\lambda_3 \theta} \right]$$

Se

$$\theta = 60 \text{ min} \qquad e^{-\lambda_3 \theta} \sim o \qquad e^{-\lambda_2 \theta} = 0{,}887$$

e

$$A\ (0,\theta) \sim 1{,}16\ k\ e^{-\lambda_2 \theta} = 1{,}03\ k \qquad \frac{A\ (0,\theta)}{A_\infty} = \frac{1{,}03}{2{,}16} = 0{,}477$$

valor menor que os 0,937 da família do Th porque agora o λ_2 é maior e portanto a queda de actividade mais rápida.

2.ª fase

$$\lambda_0\ N_0 \sim k \text{ ao fim de 1 min}$$

$$\lambda_2\ N_2 = k \left[1 - \left(1 - e^{-\lambda_2 \theta}\right) e^{-\lambda_2 t} \right]$$

$$\lambda_3\ N_3 = k \left[1 - \frac{\lambda_2}{\lambda_3}\, e^{-\lambda_3 \theta}\, e^{-\lambda_3 t} - \frac{\lambda_3}{\lambda_3 - \lambda_2} \left(1 - e^{-\lambda_2 \theta}\right) e^{-\lambda_2 t} \right]$$

e a actividade total

$$A\ (t,\theta) = \lambda_0\ N_0 + \lambda_2\ N_2 + 0{,}16\ \lambda_3\ N_3 = k \left[2{,}16 - 1{,}16 \left(1 - e^{-\lambda_2 \theta}\right) e^{-\lambda_2 t} \right]$$

visto que se $\theta = 60$ min $e^{-\lambda_2 \theta} \sim 0 \qquad 1 - e^{-\lambda_2 \theta} = 0{,}113$

$$\frac{A}{A_\infty} = \psi\ (t,\theta) = 1 - 0{,}06\ e^{-\lambda_2 t}$$

ao fim de cerca de 8 hr $\lambda_2 t = 10$ e $\psi\ (t,\theta) \sim 1$.

A presença do Ac traduz-se portanto num aumento da fracção de actividade remanescente vindo errada por excesso a fracção do Th deduzida por aplicação do método. (Ver adiante).

Esta interferência não constitui inconveniente de maior visto que só raramente o Ac está presente nos minérios naturais e quando está a fracção de actividade total devida ao A_c é sempre inferior a 1/139.

II — CONDIÇÕES OPERATÓRIAS

Neste capítulo serão descritas as condições experimentais em que se operou e mostrar-se-à como as hipóteses feitas, ainda as que parecem mais artificiais se adaptam perfeitamente à realidade.

Tratemos primeiro do processo de eliminar os elementos gasosos Rn e Tn.

O método — que me foi sugerido pelo Prof. Palácios, e do qual já tinha sido feita anteriormente no laboratório de Física do C. E. E. N. uma primeira tentativa cujos resultados não foram interpretados — consiste em atacar o minério a quente por um excesso de água régia comercial, durante um tempo θ igual a 1 hora.

Mantendo uma ebulição tão rápida quanto possível durante este tempo, o minério desagrega-se e o Rn fixado à superfície dos grãos é fácilmente arrastado pela corrente de bolhas gasosas.

Findo o tempo θ, tapa-se o vaso dum modo estanque, e entra-se assim na fase de recuperação.

Assim sendo, parece que as equações dos sistemas (2) e (15) e os respectivos integrais (3) e (16), não são suficientes para interpretar fielmente o que se passa, visto que estamos muito longe de conseguir uma eliminação *instantânea* da emanação.

Mais ainda, como o fenómeno de arrastamento é puramente superficial, é evidente que as fracções remanescentes ε e δ não dependem, como poderia parecer, únicamente do tempo de ataque θ, mas também da granulometria do minério. Vejamos o que se pode dizer quanto à velocidade do processo.

Num minério em equilíbrio podemos supor que todo o conjunto de átomos de ΔN_1 de RaA é equilibrado estatísticamente por outro conjunto $\Delta N_0 = \frac{\lambda_1}{\lambda_0} \Delta N_1$ de átomos de radão, de tal modo que todos os átomos de RaA que se desintegram num determinado intervalo de tempo são substituídos por outros absolutamente idênticos provenientes da desintegração do Rn. Se, por qualquer processo, ΔN_0 diminui, no conjunto ΔN_1 passa a haver déficit da alimentação em relação à destruição de átomos de RaA, e ΔN_1 diminui também. Sejam $N_{00} = \sum_i \Delta_i N_0$ e $N_{10} = \sum_i \Delta_i N_1$ o número total de átomos de Rn e RaA em equilíbrio, e suponhamos que dispomos dum processo qualquer capaz de os extrair a todos, mas progressivamente. Seja $\theta = \sum_i \Delta_i \theta$ o tempo necessário à operação. Como a extracção é progressiva, os instantes θ_i em que se fazem as eliminações dos conjuntos elementares $\Delta_i N_0$ não são os mesmos para todos e, portanto, também não os mesmos os intervalos de tempo $\theta - \theta_i$ durante os quais os conjuntos $\Delta_i N_1$ estão totalmente privados dos átomos $\Delta_i N_0$ que equilibravam o seu desaparecimento por desintegração.

Na fase de recuperação a actividade total obter-se-á somando as actividades de todos os conjuntos elementares $\Delta_i N_1$ sendo $\Delta_i A(t) = \Delta_i A_\infty f(t, \theta_i)$ e $A(t) = \sum_i \Delta_i A(t)$; mas já vimos que na família do urânio $\left[\frac{\partial}{\partial \theta} f(t,\theta)\right]_{t > 5\,h} = 0$ isto é, a evolução das actividades elementares é a mesma para todas a partir de 5 horas de recuperação, e é idêntica à que se teria se efectivamente toda a emanação tivesse sido extraída instantâneamente. Quanto à família do tório já o mesmo não se pode dizer, porque $\varphi(t,\theta)$ depende de facto de θ. No entanto, ao introduzir qualquer correcção obter-se-à com certeza uma solução $\varphi^*(t,\theta) > \varphi(t,\theta)$. Ora, porque o valor de φ para $\theta = 1$ hora e $t = 1$ dia é já 0,987 e, porque como se verá posteriormente as medidas que interessam são efectuadas para valores de t maiores, é evidente que não merece a pena complicar o cálculo com qualquer correcção, visto que entrando com $\varphi(t,\theta) = 1$ o erro cometido sobre φ é inferior a 1 %.

Isto demonstra que a hipótese de extracção instantânea, à primeira vista tão insuficiente é pelo contrário perfeitamente satisfatória.

Abordemos agora o problema, relacionado com o anterior, das fracções de emanação remanescente.

Dos N_{00} átomos de Rn presentes no equilíbrio nem todos se acham em condições de ser arrastados. Com efeito, como o fenómeno de arrastamento é superficial, não é possível extrair os átomos de Rn situados no interior da própria rede cristalina do minério. Assim sendo, podemos dividir os átomos de Rn fundamentalmente em duas categorias: os que podem ser afectados pelo processo de extracção N^2_0 e os que são imunes a este tratamento, N^1_0.

Está claro que os N^1_0 mantêm em equilíbrio radioactivo uma certa fracção de descendentes entre os quais emissores α responsáveis por uma parte da actividade εA_∞ remanescente.

Analisemos mais de perto o que se passa com o grupo N^2_0.

Como para todos os processos de extracção de gases, as leis que regem os fenómenos devem ser as leis gerais da difusão, isto é, temos que admitir que a quantidade de Rn estraído em cada instante é proporcional ao número de átomos N^2_0 efectivamente presentes nesse instante.

Isto quer dizer que a quantidade de Rn presente é o balanço estatístico entre os átomos formados até esse instante, a caudal constante por desintegração do Rn e os átomos desaparecidos quer por arrastamento quer por desintegração.

A equação que rege o processo deve portanto ser

$$N_0 = N^1_0 + N^2_0$$

$$\frac{d N_0}{d \theta} = k - \lambda_0 N_0 - \lambda_e N^2_0 \qquad (28)$$

mas $\frac{d N_0}{d \theta} = \frac{d N^2_0}{d \theta}$ porque $\frac{d N^1_0}{d \theta} = 0$ e portanto

$$\frac{d N^2_0}{d \theta} = (k - \lambda_0 N^1_0) - \lambda_0 N^2_0 - \lambda_e N^2_0 = k' - (\lambda_0 + \lambda_e) N_0^2$$

com $k - \lambda_0 N_0^1 = k'$ e λ_e a constante de extracção:

Integrando entre zero e θ:

$$\int_{N^2_{00}}^{N^2_0} \frac{d N^2_0}{k' - (\lambda_0 + \lambda_e) N^2_0} = \theta \qquad (29)$$

resolvendo em ordem a N^2_0

$$N^2_0 = \frac{1}{(\lambda_0 + \lambda_e)} [k' - \lambda_0 N^2_{00} e^{-(\lambda_0 + \lambda_e)\theta}] \qquad (30)$$

se se prolongasse indefinidamente a extracção N_0^2 tenderia para

$$\lim_{\theta \to \infty} N^2_0 = \frac{k'}{\lambda_0 + \lambda_e} = \frac{k - \lambda_0 N^1_0}{\lambda_0 + \lambda_e} = \frac{\lambda_0 N^2_{00}}{\lambda_0 + \lambda_e} \qquad (31)$$

esta quantidade limite é tanto mais pequena quanto maior for λ_e e menor for λ_0 e a tendência para o limite a valores iguais de λ_e é tanto mais rápida quanto maior for λ_0 como amostra (30).

Por aqui se vê que para iguais quantidades de N^2_0 e usando o mesmo processo de extracção i. e. com o mesmo λ_e a fracção de Tn remanescente é muito maior que a de Rn visto que λ_0 (Rn) = $= 1{,}26.10^{-4}$ λ_0 (Tn) = 0,763. Este facto de ser $\delta > \varepsilon$ não tem no entanto qualquer consequência para a família do tório, porque se tomarmos φ (t, θ) = 1 o valor de δ não interessa, e portanto podemos tomar $\delta = 0$.

Analisaremos posteriormente a possibilidade de obter por via experimental a ordem de grandeza relativa de N^1_{00} e N^2_{00}.

Mostremos agora que o parâmetro ε representa também, aproximadamente a fracção de Rn no fim da eliminação. No fim da fase de extracção a quantidade de Rn é mínima mas o mesmo não acontece com as quantidades de emissores γ presentes. De facto a partir deste momento, isto é, no início da fase de recuperação N_0 começa a crescer e N_2 e N_3 continuam a diminuir até que a certa altura se tem $\frac{d N_2}{d t} = \frac{d N_3}{d t} = 0$ os emissores γ e portanto a actividade total γ passa por um mínimo e daí em diante tudo cresce com o tempo. O instante em que se verifica o mínimo é, como as curvas (3) mostram, pràticamente independente de θ — dentro do intervalo

de valores de ϑ a que se referem as curvas bem entendido, i. e. $0 < \vartheta \leqslant 110$ min — e está situado 3 horas depois da primeira fase. É precisamente o cociente entre a actividade γ neste instante e a actividade de equilíbrio qne o valor ε representa.

Se por qnalquer processo diminuíssemos a quantidade de Ra de modo a manter o Rn presente no instante referido teríamos estabelecido um equilíbrio radioactivo artificial em que a actividade γ permaneceria indefinidamente com o valor que tem no mínimo. Isto mostra que ε representa também a fracção de R_n no instante do mínimo de actividade γ e não a afracção de R_n no fim do ataque. Se representarmos por ε' esta última quantidade é fácil relacioná-la com ε.

Para termos uma ordem de grandeza do valor de ε' baseemo-nos no valor experimental $\varepsilon = 0{,}165 \pm 0{,}01$ verificado conforme a teoria indicada no instante $t = 3$ horas.

Integrando a equação que dá a quantidade de R_n entre os valores $\varepsilon' N_{00}$ e εN_{00} temos

$$\frac{d N_0}{d t} = k - \lambda_0 N_0 \qquad \int_{\varepsilon' N_{00}}^{\varepsilon N_{00}} \frac{d N_0}{k - \lambda_0 N_0} = T \qquad \text{com } T = 3h$$

$$\varepsilon' = \frac{e^{-\lambda_0 T} - 0{,}84}{e^{-\lambda_0 T}} \sim 0{,}14 \tag{32}$$

vê-se que a diferença de ε' para ε é de 2 % de N_{00} e representa o crescimento relativo do Rn nestas 3 horas.

Deve notar-se que, à medida que ϑ aumenta e que N^2_0 se aproxima exponencialmente do valor limite (31) o tempo T no fim do qual a actividade passa por um mínimo, tende para zero, como é evidente. De facto mantendo as condições limites (31) estabelecer-se-ia um equilíbrio radioactivo artificial entre o Rn presente com os átomos $N^1_0 + \lim N^2_0$ e os descendentes do Rn. A segunda fase iniciar-se-ia pelo aumento de todos os elementos da família em conjunto e portanto o mínimo de A (t) seria o valor da actividade no equilíbrio artificial, para $t = 0$.

Passemos agora ao problema de medidas de actividades.

O dispositivo utilizado é o que foi imaginado pelo Prof. J. Palácios e Dr. A. Baptista em 1953 [1] e consiste fundamentalmente num tubo 1 de cátodo de chumbo com 3 cm de diâmetro e 25 cm de altura de cátodo, para raios γ envolvido pelo sistema que se mostra na figura 5 e que permite por meio da plataforma 2 e dos tornilhos 3 colocar o vaso 4 à altura que se deseja. O vaso tem a forma indicada na fig. 6 a introduzir de modo que a substância activa preencha a coroa cilíndrica interior às duas paredes de vidro.

O conjunto é protegido por um castelo de chumbo.

No trabalho referido os autores chegaram à conclusão que existe uma zona ou intervalo de altura no tubo tal que, quando o anel de substância activa é colocado dentro dela, a resposta do tubo é proporcional à quantidade de substância, de modo que o efeito de absorpção própria na substância é absolutamente desprezável.

Esta proprocionalidade, válida mesmo para minérios com pesos específicos muito diferentes, permite determinar os coeficientes ξ e η das equações (27), a partir de experiências com minérios de origens diferentes.

Verificaram ainda que dentro da zona ou intervalo a que me referi e a que chamaremos zona de indiferença, a resposta do tubo é independente da posição do vaso, isto é o coeficiente de rendimento característico da geometria própria do sistema é constante dentro da zona.

---

[1] Palácios J. and Baptista A. M. — A new Méthod for the analysis of radioactive bodies, 2.ª — 2, 49 (1953). Revista da Faculdade de Ciências de Lisboa.

Posto isto falta apenas demonstrar que a resposta do tubo em toques por minuto varia com o tempo exactamente do mesmo modo que a actividade absoluta ou número real de desintegrações por unidade de tempo, que figura na equação (26) e (27).

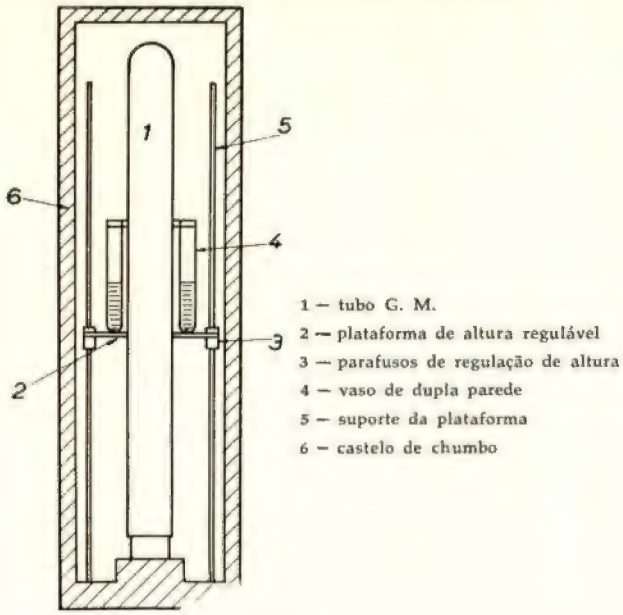


Fig. 5 — Dispositivo de medida

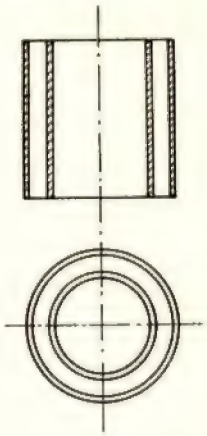


Fig. 6 — Vaso de dupla parede

Consideremos primeiro um minério que contenha apenas urânio. Em equilíbrio a actividade absoluta é como já vimos

$$A_{\infty} = \lambda_2 N_{20} + \lambda_3 N_{30} = 2\,k$$

e a resposta do tubo

$$A^{x}_{\infty} = [\psi_2 \lambda_2 N_{20} + \psi_3 \lambda_3 N_{20}]\,\zeta \tag{33}$$

onde ψ_2 e ψ_3 são coeficientes de eficiência característicos da energia dos fotões emitidos, pelos Rab e Rac e ζ é um coeficiente de rendimento que depende apenas de geometria do sistema.

Dividindo as equações (33) uma pela outra definimos um coeficiente de conversão $\overline{\psi}$ tal que $A^{x}_{\infty} = \overline{\psi}\, A_{\infty}$ com

$$\overline{\psi} = \frac{[\psi_2 \lambda_2 N_{20} + \psi_3 \lambda_3 N_{30}]\,\zeta}{\lambda_2 N_{20} + \lambda_3 N_{30}} = \frac{(\psi_2 + \psi_3)\,\zeta}{2}$$

por ser

$$\lambda_2 N_{20} = \lambda_3 N_{30} = k$$

Durante a recuperação temos

$$A = \lambda_2 N_2 + \lambda_3 N_3$$

e

$$A^{x} = (\psi_2 \lambda_2 N_2 + \psi_3 \lambda_3 N_3)\,\zeta \tag{34}$$

Mas como por (14) $\lambda_2 N_2 = \lambda_3 N_3$ quando se realizam as medidas, a divisão das equações de (34) dá

$$\frac{A^{x}}{A} = \frac{(\psi_2 \lambda_2 N_2 + \psi_3 \lambda_3 N_3)\,\zeta}{\lambda_2 N_2 + \lambda_3 N_3} = \frac{\psi_2 + \psi_3}{2}\,\zeta = \overline{\psi}$$

então

$$\frac{A^{x}}{A} = \frac{A^{x}_{\infty}}{A_{\infty}} \text{ ou } \frac{A^{x}}{A^{x}_{\infty}} = \frac{A}{A_{\infty}} = \varepsilon + (1-\varepsilon)\,f(t) \tag{35}$$

esta conclusão muito importante permite afirmar que a resposta do tubo evolui com o tempo exactamente da mesma maneira que a actividade absoluta para minérios de urânio.

Como os minérios de tório puro verificam na segunda fase equações idênticas às (14) as conclusões são também válidas para eles.

Resta apenas o minério complexo.

Seja em equilíbrio $A_\infty = (A_\infty)_U + (A_\infty)_{Th}$ as actividades absolutas devidas ao urânio e ao tório; e $A^x_\infty = (A^x_\infty)_v + (A^x_\infty)_{Th}$ a resposta do tubo. O valor x de (26) é

$$x = \frac{(A^x_\infty)_U}{A^x_\infty} \quad \text{e} \quad (1-x) = \frac{(A^x_\infty)_{Th}}{A^x_\infty}$$

Na recuperação temos por (35)

$$\frac{(A^x)_U}{(A^x_\infty)_U} = \varepsilon + (1-\varepsilon)\, f \qquad \frac{(A^x)_{Th}}{(A^x_\infty)_{Th}} = \varphi \qquad A^x = (A^x)_U + (A^x)_{Th}$$

ou

$$A^x_U = [\varepsilon + (1-\varepsilon)\, f]\, (A^x_\infty)_U$$
$$A^x_{Th} = \varphi\, (A^x_\infty)_{Th}$$

substituindo $(A^x_\infty)_u$ e $(A^x_\infty)_{Th}$ em função de x temos

$$A^x_U = [\varepsilon + (1-\varepsilon)\, f]\, xA^x_\infty$$
$$A^x_{Th} = \varphi\, (1-x)\, A^x_\infty$$

e somando

$$A^x = \{[\varepsilon + (1-\varepsilon)\, f]\, x + (1-x)\, \varphi\}\, A^x_\infty$$

$$\frac{A^x}{A^x_\infty} = [\varepsilon + (1-\varepsilon)\, f]\, x + (1-x)\, \varphi \tag{36}$$

o que demonstra que as conclusões (35) são ainda válidas para um minério complexo.

A observação da equação (36) leva imediatamente à conclusão de que para determinar os dois parâmetros incógnitas ε e x é necessário conhecer A^x_∞ que representa a actividade no equilibrio.

Deste modo poderia parecer que a obtenção do número de pontos necessários à determinação de ε e x exigiriam uma espera prolongada — nada menos 30 dias — até que A^x diferisse de A^x_∞ duma actividade da ordem de grandeza do erro acidental de A^x.

Vamos ver no entanto como uma normalização conveniente da curva (36) em relação a um instante t_1 fixo nos vai permitir determinar não só ε e x mas o próprio A_∞ a partir de medidas realizadas nos seis primeiros dias seguintes ao ataque.

Estudemos primeiro o caso do minério simples de urânio.

Construamos em vez da curva $\frac{A^x(t)}{A^x_\infty} = \varepsilon + (\lambda - \varepsilon)\, f(t)$ esta outra

$$A^x_r = \frac{A^x(t)}{A^x(t_1)} = \frac{\varepsilon + (\lambda-\varepsilon)\, f(t)}{\varepsilon + (\lambda-\varepsilon)\, f(t_1)} \tag{37}$$

Uma vez construido um ábaco constituído por uma família de curvas $A^x_r(t)$ para diversos valores de ε é evidente que basta um ponto da curva experimental (37) para determinar imediatamente ε por interpolação.

Conhecido ε calculamos A^x_∞ pela relação simples

$$A^x_\infty = \frac{A^x(t)}{\varepsilon + (1-\varepsilon)\, f(t)} = \frac{A^x(t)}{\varepsilon + (1-\varepsilon)\,(1-e^{-\lambda_0 t})}$$

A precisão dos valores de ε e A^x_∞ pode ser aumentada tomando em vez de um, vários pontos experimentais, traçando a curva $\frac{A^x(t)}{A^x_\infty} = A^x_r$ e comparando-a com as curvas do ábaco.

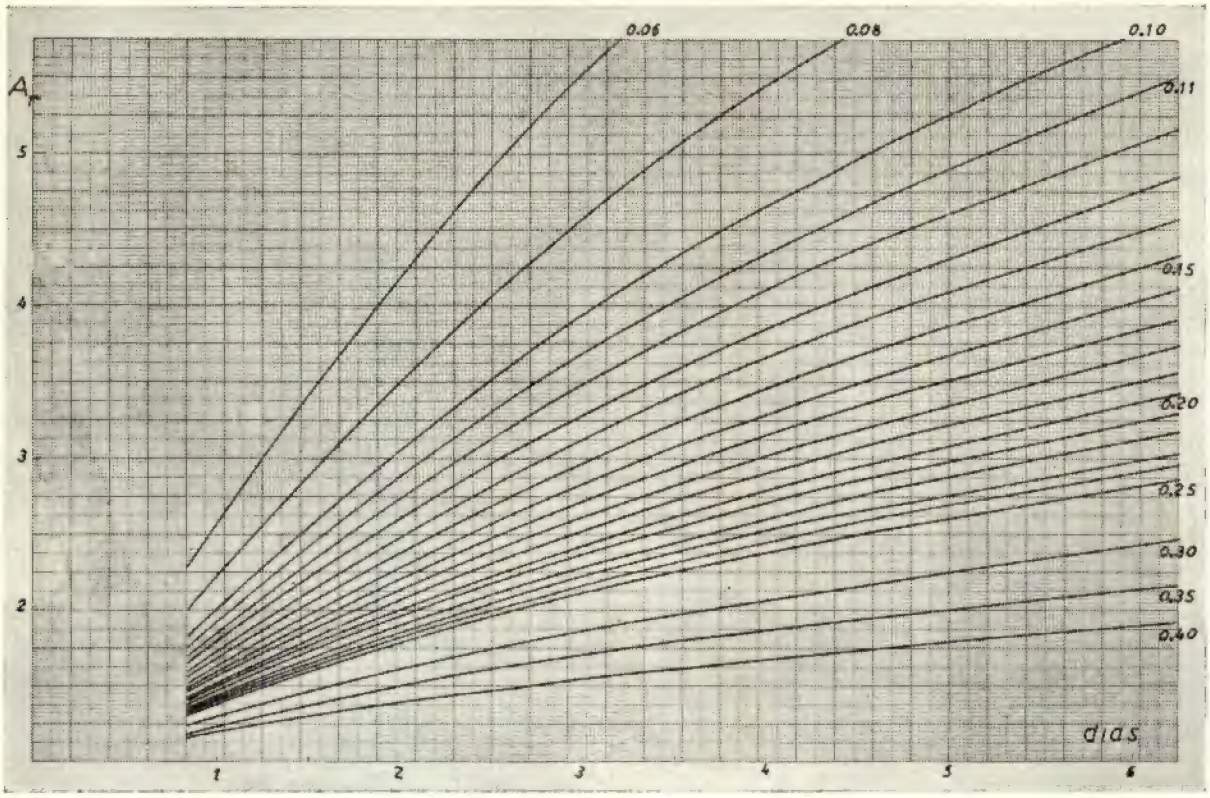


Fig. 7 — Actividade relativa ao instante $t_1 = 3$ h em função de ε. Estes valores são indicados no extremo direito de cada curva

$$Ar\ (t) = \frac{A\ (t)}{A\ (t_1)} \quad \text{vs} \quad t$$

Este é apresentado nas figuras 5 e 6. Qualquer curva experimental A^x_r de um minério de urânio atacado durante um tempo θ ou coincide com uma das curvas do ábaco, ou fica entre duas, e por uma interpolação temos como já disse ε correspondente a θ e à granulometria do minério, etc.

A aplicação do mesmo princípio aos minérios complexos não apresenta dificuldade. De facto, se operarmos nas mesmas condições de granulometria e tempo de ataque θ, é natural que se obtenha sempre o mesmo valor de ε. A experiêncla confirmou posteriormente esta hipótese.

Por outro lado como φ (t) ~ 1 a equação (36) reduz-se a uma equação do tipo 35. De facto, por identificação de (35) e (36) temos

$$x\,[\varepsilon + (1 - \varepsilon)\,f] + 1 - x = \varepsilon_1 + (1 - \varepsilon_1)\,f$$

$$\varepsilon_1 = 1 + x\,(\varepsilon - 1)$$

Vê-se assim que na recuperação dum minério complexo tudo se passa como se se tratasse dum minério só de urânio mas permanecendo inalterada uma fracção de actividade $\varepsilon_1\ A^x_\infty$, maior.

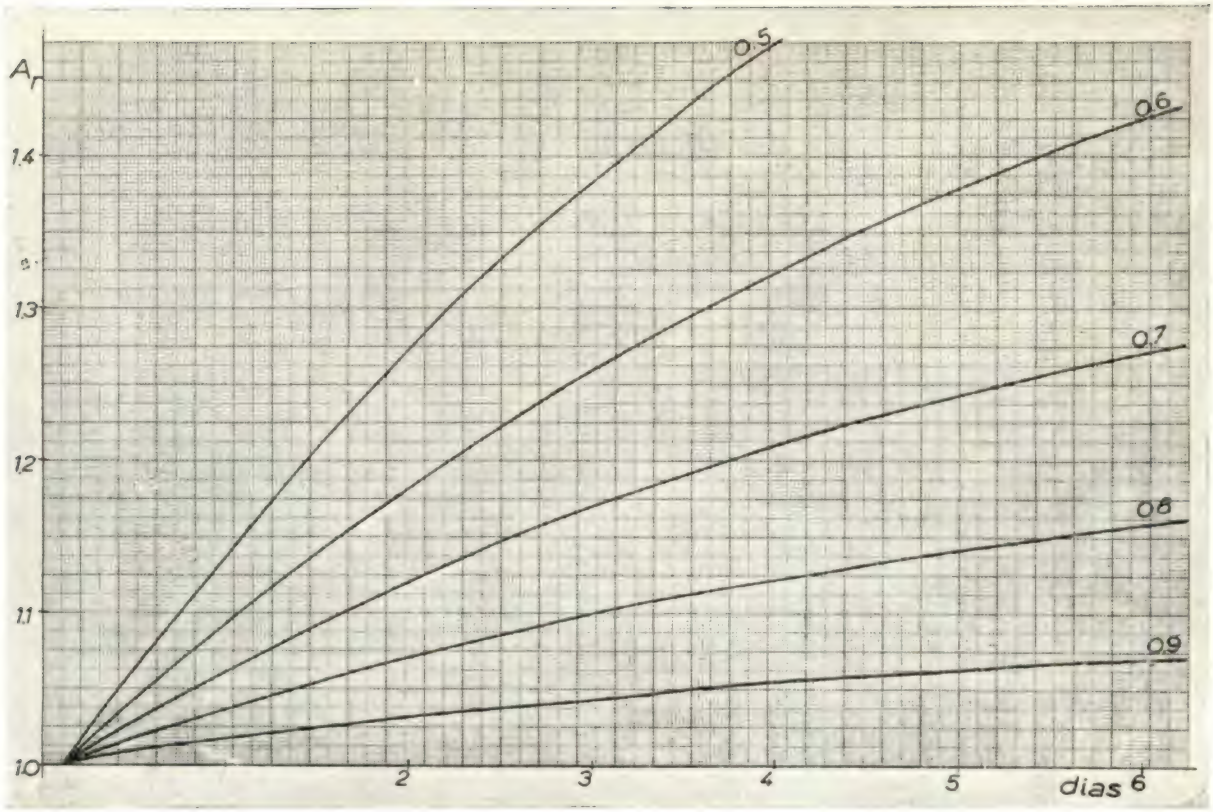


Fig. 8 — Curvas do ábaco da Fig. 5 para valores de ε maiores que 0,5

Como a teoria prevê para os minérios de urânio um mínimo pràticamente independente de θ, isto é, um ε constante, a partir do conhecimento experimental de ε_1 temos x e A^{x}_{∞}, e, por meio de (27), X e Y.

É precisamente o parâmetro ε_1 que individualiza cada uma das curvas do ábaco.

III — RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Os resultados experimentais que obtive até à data confirmam plenamente as previsões teóricas.

Actualmente estão em curso experiências com minérios complexos.

Publicarei ulteriormente e em pormenor os resultados destas experiências, bem como os primeiros já conseguidos até agora.

*

* *

Agradeço ao Professor Júlio Palácios, a quem devo a ideia primária de delatar a presença do tório nos minérios complexos por uma rotura do equilíbrio secular, o ter-me dado este tema de trabalho e ainda algumas úteis discussões sobre o mesmo.

Agradeço também ao preparador F. Martins pela realização de numerosas medidas experimentais

Tintas de categoria

As tintas de óleo Goya, apresentadas pelos mais afamados fabricantes britânicos de tintas para artistas, são conhecidas pela sua magnífica qualidade. Artistas, estudantes e professores não se cansam de recomendar estas tintas excelentes, porque lhes merecem inteira confiança.

Aguarelas

Reeves

Tintas de óleo

GOYA

Representante em Portugal:
A. LOPES DA SILVA
R. dos Fanqueiros, 15-2.º LISBOA

REEVES & SONS, LTD.
ENFIELD-MIDDLESEX-ENGLAND

O NOME REEVES É UMA GARANTIA DE CONFIANÇA

XYLAMON assegura uma **PROTECÇÃO TOTAL** da madeira contra todos os seus parasitas: fungos, insectos e teredo.

XYLAMON

Existe em várias qualidades, umas preventivas outras curativas.

XYLAMON é um produto de EMPREGO FÁCIL E ECONÓMICO

Experiências feitas no LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, comprovam OFICIALMENTE em Portugal a excelente qualidade do XYLAMON

PARA COMPRAS E ESCLARECIMENTOS:

SOMIPA ◆ Rua Fialho de Almeida, 3, 4.º E. ◆ Tel. 5 1512

LISBOA

GOODYEAR

UMA QUALIDADE ESPECIAL PARA CADA SERVIÇO DISTINTO

MANGUEIRAS

para:

Acetilene
Ácidos e suas soluções
Água — Aquecimento
Ar — Aviação
Caminhos de ferro
Cerveja e vinhos
Dissolventes — Destilações
Fábricas de papel
Ferramentas pneumáticas
Gases — Gasolina
Lavagem de automóveis
Minas — Óleos — Oxigénio
Petróleo — Refrigeração
Produtos químicos
Serviços agrícolas
» de dragas
» de incêndios
» de jardins
» de regas
» sanitários
Soldagem — Vapor
Tintas — Lacas — Vernizes
etc., etc., etc.

Todos os líquidos
Todos os gases

CORREIAS

para:

Agricultura
Altas velocidades
Elevação de materiais
Grandes potências
Indústria em geral
Indústria téxtil
Serviços de minas
Transmissões difíceis
Transporte de materiais

CORREÕES SEM-FIM
THOR
para debulha e tractores

CORREIAS SEM-FIM
COMPASS
inextensíveis, para centrais
e pequenos tambores

CORREIAS MÚLTIPLAS
TRAPEZOIDAIS
etc., etc., etc.

Todas as velocidades
Todas as potências

PARA TODAS AS PRESSÕES E TODAS AS TEMPERATURAS

Distribuidores exclusivos: **CANELAS & FIGUEIREDO, L.DA**

Telef. 2 5058 / 2 4502 / 2 1729

R. dos Fanqueiros, 46 — LISBOA

Teleg. CANELASCO

C. D. 621.51 : 536.7

COMPRESSORES CENTRÍFUGOS

PELO ENG.º QUÍM.-IND. (I. S. T.) ANTÓNIO SALES LUÍS

I] Introdução

Num trabalho anterior [1], fez-se o estudo termodinâmico da compressão realizada em compressores de movimento alternativo. Neste artigo pretende-se realizar idêntico estudo relativo a compressores centrífugos. Como se sabe, o princípio de funcionamento dos compressores centrífugos é idêntico ao das bombas centrífugas. Essencialmente, os compressores deste tipo constam de um rotor, de um difusor e de uma caixa que encerra o rotor e o difusor. Por acção centrífuga, o gás é acelerado no rotor, aumentando assim a sua energia cinética. A pressão cinética é, em seguida, quase integralmente transformada em pressão estática no difusor e na caixa, podendo considerar-se, em última análise, que há apenas aumento da pressão estática pois, em face desse aumento é desprezível a variação da energia cinética. Nestas condições, a equação fundamental [2]:

$$\tau = \int_{\widehat{AB}} v \, \partial p + \Delta W p + \Delta W c + P \qquad (1)$$

toma a forma:

$$\tau = \int_{\widehat{AB}} v \, \partial p \qquad (2)$$

se se admitir ser nula a perda de carga P. Note-se que a equação (2) só é legítima quando considerada entre a entrada e a saída do compressor pois, só nessas condições, se pode considerar desprezível a variação da energia cinética.

No estudo dos compressores de movimento alternativo, como se sabe, é costume considerar dois tipos de transformação [3] isotérmica e adiabática os quais representam tipos limites, legítimos em face da aproximação em cálculos tecnológicos. No que respeita aos compressores centrífugos, o problema muda de aspecto pois, a tendência actual, na América [1], é não usar refrigeração inter-andares [2]. Então, só em condições ideais se pode considerar a transformação como adiabática. Em virtude do aquecimento, que o gás experimenta, a transformação deve considerar-se politrópica. Como se sabe, a equação dos gases perfeitos numa transformação politrópica escreve-se:

$$p \, v^k = \text{constante} \qquad (3)$$

em que k é o chamado expoente politrópico. Na compressão realizada em compressores de movimento alternativo o valor de k oscila entre 1 (isotérmica) e γ (adiabática):

$1 \leqslant k \leqslant \gamma$ . . , compressores de movimento alternativo.

Na compressão realizada em compressores centrífugos, como não há refrigeração inter-andares, o valor de k é maior que o de γ. Como valores particulares de k podem considerar-se os seguintes:

$k = \gamma$ . . . transformação adiabática
$k = \infty$ . . . transformação isométrica [3]
$k = 0$ . . . transformação isobárica

No segundo caso, o aumento da temperatura do gás é suficiente para compensar o efeito do aumento de pressão de tal modo que o volume mantém-se constante. O terceiro caso apenas tem interesse para certos ventiladores centrífugos em que a pressão à saída é pràticamente

---

(1) «Técnica» — Maio — 1955.

(2) «Técnica» — Outubro — 1954.

(3) Na compressão por andares, admite-se haver refrigeração inter-andares.

(1) Note-se que na Europa há certos fabricantes que mantêm a refrigeração inter-andares mesmo para compressores centrífugos.

(2) No caso de haver compressores ligados em série, faz-se a refrigeração inter-compressores.

(3) A equação $p \, v^k =$ constante, pode escrever-se: $p^{1/k} \, v = p_0^{1/k} \, v_0$; para $k = \infty$, vem $v = v_0$

igual à pressão inicial. Nos casos correntes de interesse industrial, o valor de k pode considerar-se compreendido entre γ e ∞, aproximando-se a transformação das condições correspondentes, à transformação adiabática e reversível (isentrópica). Começa-se, por isso, pelo estudo desta admitindo que o gás é perfeito.

II] Compressão Adiabática — Gás perfeito

Da equação (2):

$$\tau = \int_{\widehat{AB}} v \, \partial p$$

atendendo a que:

$$p_1 \, v_1^{\gamma} = p \, v^{\gamma}$$

resulta, por integração e admitindo que γ é independente da temperatura:

$$\bar{\tau}_a = \frac{\gamma}{\gamma - 1} \cdot p_1 \, v_1 \left[\left(\frac{p_f}{p_1} \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} - 1 \right] \quad (4)$$

$$= \frac{\gamma}{\gamma - 1} \cdot \frac{R \, T_1}{M} \left(R_c^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} - 1 \right) \quad (5)$$

em que:

- p_1 . . . pressão do gás, na flange de sucção do compressor
- p_f . . . pressão do gás, na flange de descarga do compressor
- T_1 . . . temperatura do gás, na flange de sucção
- v_1 . . . volume específico do gás, à pressão p_1 e temperatura T_1
- R . . . constante dos gases perfeitos
- R_c . . . razão de compressão global $\left(= \frac{p_f}{p_1} \right)$

O valor $\bar{\tau}_a$ representa o trabalho que é necessário realizar para comprimir a unidade de massa do gás da pressão inicial p_1 à pressão final p_f, na hipótese de a transformação ser adiabática e reversível (isoentrópica). Apelida-se trabalho adiabático e representa-se por $\bar{\tau}_a$. Na literatura, aparece muitas vezes referido como altura adiabática [1] o que aliás não é legítimo pois não é co-dimensional com uma altura. Na verdade, a equação de dimensão de $\bar{\tau}_a$ é:

$$\left[\bar{\tau}_a \right] = \left[\frac{\text{energia}}{\text{massa}} \right] = L^2 \, T^{-2}$$

[1] A altura adiabática representa o trabalho realizado nas mesmas condições mas por unidade de peso do gás.

Como se viu, só do ponto de vista ideal se pode considerar a transformação como adiabática. Define-se, por isso, o chamado rendimento adiabático e_a, pela equação:

$$e_a = \frac{\bar{\tau}_a}{\bar{\tau}} \quad (6)$$

em que $\bar{\tau}$ representa o trabalho realizado pelo compressor, por unidade de massa do gás. Para os tipos correntes, o valor de e_a varia entre 0,6 e 0,8. Na literatura [1], apresentam-se diagramas que permitem determinar o valor aproximado de e_a, em função do caudal em volume e para diferentes valores de γ.

A compressão pode ser realizada num só andar ou em vários. Neste último caso, o número de andares é determinado de modo que o trabalho adiabático por andar seja constante e igual para todos os andares. Assim, num compressor de s andares, o trabalho adiabático por andar (ϕ) é:

$$\phi = \frac{\bar{\tau}_a}{s} \quad (7)$$

ou, atendendo à expressão de τ_a (equação 5), vem:

$$\phi = \frac{1}{s} \, \frac{\gamma}{\gamma - 1} \cdot \frac{R}{M} \, T_1 \left(R_c^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} - 1 \right) \quad (8)$$

Nestas condições, a razão de compressão por andar (r_c) varia de andar para andar. Na verdade, sendo:

- $(r_c)_i$ . . . razão de compressão no andar i
- T_i . . . temperatura do gás à entrada do andar *i*

o trabalho realizado no andar i é [2]:

$$\phi = \frac{\gamma}{\gamma - 1} \, \frac{R}{M} \cdot T_i \left((r_c)_i^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} - 1 \right) \quad (9)$$

Como a temperatura T_i vai aumentando de andar para andar [3], resulta da equação (9) que

[1] Ver, por exemplo, «Compressed Air Handbook» — fig. 5 - 62.

[2] Ver equação (5).

[3] Admite-se não haver refrigeração inter-andares.

a razão de compressão vai diminuindo. Representando por θ [1] a quantidade:

$$\theta = \phi \cdot \frac{\gamma - 1}{\gamma} \cdot \frac{M}{R} \qquad (10)$$

a equação (9) escreve-se:

$$\theta = T_i \left((r_c)_i^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} - 1 \right) \qquad (11)$$

Por outro lado, admitindo que a temperatura do gás à saída de um andar é igual à temperatura do gás à entrada do andar seguinte, as temperaturas T_{i+1} e T_i estão relacionadas pela expressão [2]:

$$\frac{T_{i+1}}{T_i} = (r_c)_i^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} \qquad (12)$$

Substituindo $(r_c)_i$ por este valor na equação (11) vem:

$$T_{i+1} = \theta + T_i \qquad (13)$$

equação esta que permite determinar o valor da temperatura à entrada de cada um dos andares:

1.º andar . . . T_1
2.º andar . . . $\theta + T_1$
3.º andar . . . $2\theta + T_1$
4.º andar . . . $(s-1)\theta + T_1$

Então, a equação (12) permite determinar a razão de compressão em cada andar. Note-se, no entanto, que a equação(9) e, consequentemente, as equações (10), (12 e (13) pressupõem o conhecimento do número de andares s. Este pode ser fixado de modo que a razão de compressão num andar não exceda um determinado valor, por exemplo 2. Como num compressor centrífugo o maior valor de r_c se verifica no primeiro andar, e como (equações 8 e 9) é:

$$\frac{1}{S} \frac{\gamma}{\gamma - 1} \cdot \frac{R}{M} T_1 \left(R_c^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} - 1 \right) =$$

$$= \frac{\gamma}{\gamma - 1} \frac{R}{M} T_1 \left[(r_c)_1^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} - 1 \right]$$

vem:

$$s = \frac{R_c^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} - 1}{(r_c)_1^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} - 1}$$

ou:

$$s \geqslant \frac{R_c^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} - 1}{2^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} - 1} \qquad (14)$$

Deve escolher-se o menor número inteiro que satisfaça à relação (14).

A estimativa das dimensões de cada andar pode fazer-se [1] atendendo a que, em cada andar, se dão sucessivamente, os seguintes fenómenos:

a) Aumento de energia cinética do gás no rotor desse andar. Esse aumento é òbviamente, igual ao trabalho adiabático por andar.

$$\phi = \frac{1}{2} \left(V_i'^2 - V_1^2 \right) \qquad (15)$$

sendo V'_i a velocidade do gás à saída do rotor do andar i. Note-se que, da equação (15) resulta que o valor de V'_i é o mesmo para todos os andares.

b) transformação integral da pressão cinética em pressão estática, no difusor e na caixa desse andar. Nestas condições, a velocidade do gás à entrada de cada andar é igual à velocidade V_1 à entrada do 1.º andar. É nesta hipótese que se baseia a equação (15).

III] Compressão Politrópica — Gás perfeito

Na equação (2), atendendo a que:

$$p\, v^k = p_1\, v_1^k$$

resulta anàlogamente:

$$\bar{\tau} = \frac{k}{k-1} \frac{R}{M} . T \left[R_c^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \qquad (16)$$

---

[1] θ é co-dimensional com uma temperatura.

[2] Como resulta das equações:

$$\begin{cases} p_i\, v_i^{\gamma} = p_{i+1}\, v_{i+1}^{\gamma} \\ p_i\, v_i = R\, T_i \\ p_{i+1}\, v_{i+1} = R\, T_{i+1} \end{cases}$$

[1] Curso de Química Tecnológica — 1.ª parte, Professor Luís Alves.

A τ_p dá-se o nome de trabalho politrópico; representa o trabalho, por unidade de massa do gás, na hipótese de a transformação ser politrópica e reversível.

III-1] — *Rendimento politrópico*

Dá-se o nome de rendimento politrópico e representa-se por e_p à relação entre o trabalho politrópico e o trabalho realmente realizado na compressão, por unidade de massa do gás:

$$e_p = \frac{\overline{\tau}_p}{\overline{\tau}} \qquad (17)$$

Atendendo a que (equação 6) é:

$$e_a = \frac{\overline{\tau}_a}{\overline{\tau}}$$

resulta

$$\frac{e_a}{e_p} = \frac{\overline{\tau}_a}{\overline{\tau}_p} \qquad (18)$$

expressão esta que relaciona os rendimentos politrópico e adiabático. Na literatura [1], apresentam-se as seguintes expressões:

$$e_p = \frac{\frac{\gamma - 1}{\gamma}}{\frac{k-1}{k}} \qquad (19)$$

$$\frac{k-1}{k} = \frac{\log \left[1 + \frac{R_c^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1}{e_a} \right]}{\log R_c} \qquad (20)$$

sem quaisquer referências sobre o seu condicionalismo. A equação (20) escreve-se:

$$\log R_c^{\frac{k-1}{k}} = \log \left[1 + \frac{R_c^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1}{e_a} \right]$$

ou

$$e_a = \frac{R_c^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1}{R_c^{\frac{k-1}{k}} - 1} \qquad (21)$$

Vejamos como podem ser obtidas as equações (19) e (21). Da relação entre e_a e e_p' (equação 18) e das expressões que traduzem os valores de τ_a e τ_p (respectivamente, equações 5 e 16), vem:

$$\frac{e_a}{e_p} = \frac{\overline{\tau}_a}{\overline{\tau}_p}$$

$$= \frac{\frac{\gamma}{\gamma-1} \cdot \frac{R}{M} \cdot T_1 \left(R_c^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right)}{\frac{k}{k-1} \frac{R}{M} T_1 \left(R_c^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right)}$$

ou

$$\frac{e_a}{e_p} = \frac{\frac{\gamma}{\gamma-1}}{\frac{k}{k-1}} \cdot \frac{R_c^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1}{R_c^{\frac{k-1}{k}} - 1} \qquad (22)$$

Comparando a equação (22) com as equações (19) e (21), verifica-se que uma destas constitui uma equação de definição, sendo então a outra resultante da equação (22). Em última análise, este aparente círculo vicioso resulta da definição do expoente politrópico k. Por isso, afigura-se-nos ser mais coerente proceder do seguinte modo:

a) definir o rendimento adiabático e_a pela equação (6):

$$e_a = \frac{\overline{\tau}_a}{\overline{\tau}}$$

b) Definir o expoente politrópico k pela equação (21):

$$R_c^{\frac{k-1}{k}} - 1 = \frac{R_c^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1}{e_a}$$

sendo R_c a razão de compressão global.

c) definir a transformação politrópica, no caso de gases perfeitos, pela equação:

$$p\, v^k = \text{constante}$$

d) definir o rendimento politrópico pela equação (17):

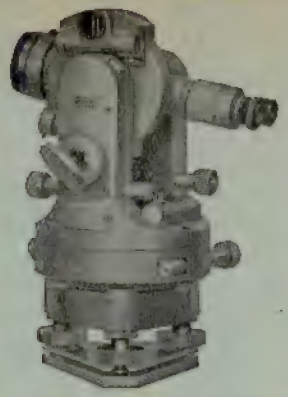
$$e_p = \frac{\overline{\tau}_p}{\overline{\tau}}$$

---

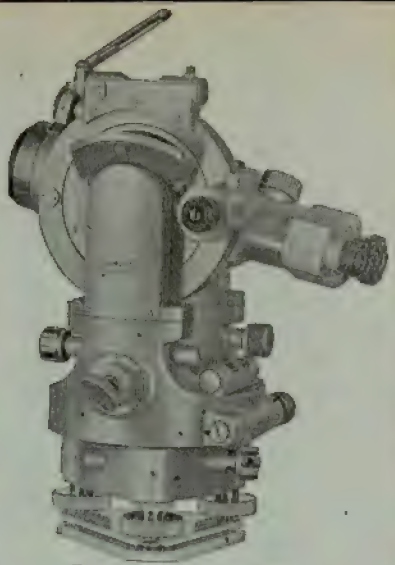
[1] Chem. Eng. 1948 — Janeiro — pg. 119.
Chem. Eng. 1954 — Fevereiro — pg. 210.

MATERIAL Fennel KASSEL TOPOGRÁFICO

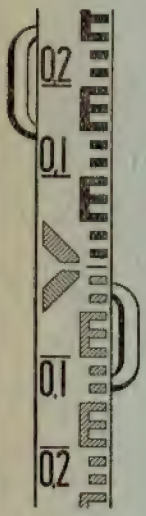
Teodolito de 8 cm, com leitura óptica dos 2 limbos

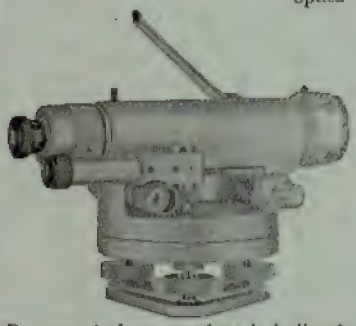


Teodolito de 9 cm, com leitura optica dos 2 limbos

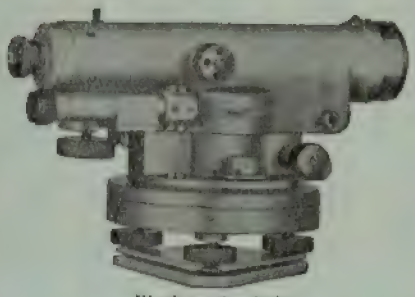


Taqueómetro auto-redutor

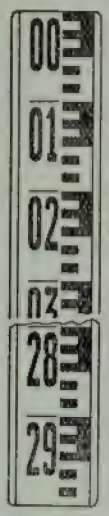




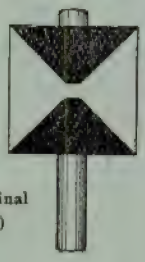
Pequeno nivel com parafuso de inclinação



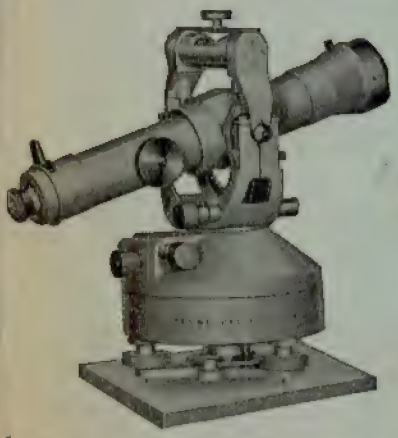
Nivel taquiométrico



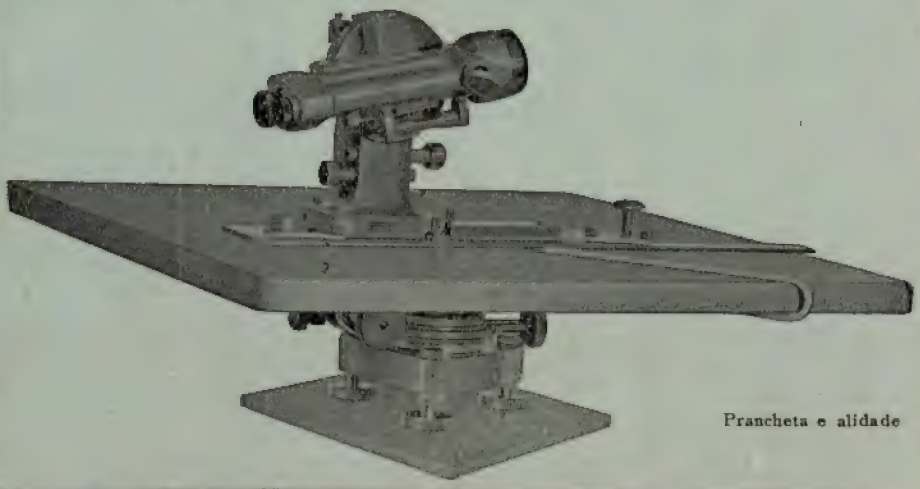
Clinómetro com sinal (sistema Fennel)



Tambor com fita de aço de precisão



Luneta para observação de deslocamen to de barragens



Prancheta e alidade

REPRESENTANTES

PAPELARIA FERNANDES

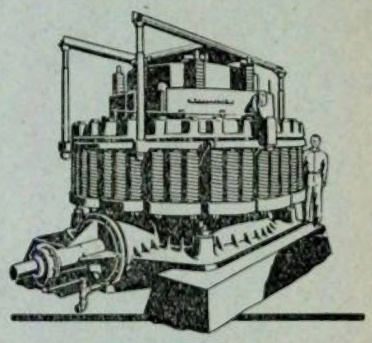
145, R. do Ouro, 149 — LISBOA — Largo do Rato, 13

Elementos mais raros servem hoje os cientistas

Quando o homem transpõe á barreira do som, verificamos o emprego de termos novos para descrever os milagres dos cientistas e investigadores de hoje... termos como *electrónica — projécteis guiados — cisão nuclear — transitores.*

Contribuindo para tornar estes progressos científicos possíveis, encontramos os conhecimentos técnicos e a vasta experiência da indústria mineira, agora utilizados para desenvolver os elementos mais raros... Rochas e minerais que ao tempo não possuiam qualquer interesse comercial, estão hoje a ser extraídos — incluindo aplite, nefeline, sienite, olivine, perlite, pinite, topázio e muitos mais.

São numerosas as utilizações destes elementos — indo da construção moderna a peças de radar, sonar, e aviões de jacto — mas quase todos têm uma coisa em comum — são trabalhados por Britadeiras Cónicas SYMONS — *as máquinas que revolucionaram o serviço de britar.*



As Britadeiras Cónicas Symons são fabricadas nos tipos Normal, de Cabeça Curta e Intermediário com cabeças de britagem que vão de 22 polegadas a 7 pés de diâmetro — sendo a capacidade de 6 a 900 toneladas por hora

SYMONS... UMA DAS MARCAS REGISTADAS NORDBERG CONHECIDA NO MUNDO INTEIRO

NORDBERG MFG. CO., Milwaukee, Wisconsin, U.S.A. END. TELEG. NORDBERG

LONDON	JOHANNESBURG	MEXICO, D.F.
19 Curzon St., W.I.	42 Marshall Street	Dolores 3

REPRESENTANTES NAS PRINCIPAIS ÁREAS COMERCIAIS DO MUNDO

XC255

Nestas condições, resultam directamente as equações:

$$e_p = \frac{\frac{\gamma - 1}{\gamma}}{\frac{k-1}{k}}$$

$$\bar{\tau}_p = \frac{e_p}{e_a} \bar{\tau}_a$$

III-2] — *Determinação do expoente politrópico*

Fixado o valor do expoente adiabático, a determinação do valor do expoente politrópico é imediata, por meio da equação de definição:

$$R_c^{\frac{k-1}{k}} - 1 = \frac{R_c^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1}{e_a} \qquad (21)$$

em que:

R_c ... razão de compressão global
k ... expoente politrópico
γ ... expoente adiabático
e_a ... rendimento adiabático

Igor Karassik, num dos artigos que publicou na revista *Chemical Engineering* (1) sobre o estudo dos compressores centrífugos faz a determinação de k, por tentativas, procedendo do seguinte modo:

a) fixa o valor de e_a
b) arbitra um valor para e_p:

$$e'_p = e_a$$

c) determina, em função de $e'_p = e_a$, o valor do expoente politrópico por meio dum diagrama que não é mais que a representação gráfica da equação (19):

$$e_p = \frac{\frac{\gamma - 1}{\gamma}}{\frac{k-1}{k}}$$

d) determina $\bar{\tau}$ e $\bar{\tau}_p$
e) determina o valor de e_p pela expressão:

$$\frac{e_a}{e_p} = \frac{\bar{\tau}_a}{\bar{\tau}_p}$$

f) compara o valor assim obtido com o valor arbitrado $e'_p = e_a$. Não sendo concordantes, arbitra um novo valor para e_p e repete o indicado nas alíneas *c*) *d*) *e*) e *f*).

Como se viu, não há necessidade de utilizar tal processo pois a determinação é imediata. Note-se que o grau de arbitrariedade da equação (19) é idêntico ao da equação (21).

III-3] — *Cálculo do compressor*

Uma vez determinado o valor do expoente politrópico, o cálculo do compressor faz-se como no caso da compressão adiabática; as equações são idênticas, bastando trocar γ por k. A título de revisão, apresentam-se essas equações pela ordem por que interessam ao cálculo.

a) Determina-se o trabalho politrópico pela equação (16).

$$\tau_p = \frac{k}{k-1} \frac{R}{M} \cdot T_1 \left[R_c^{\frac{k-1}{k}} - 1\right]$$

b) Determina-se o número de andares s de modo a satisfazer à relação (ver equação 14):

$$s \geqslant \frac{R_c^{\frac{k-1}{k}} - 1}{2^{\frac{k-1}{k}} - 1} \qquad (23)$$

c) Determina-se o trabalho politrópico por andar (ver equação 7):

$$\phi_p = \frac{\bar{\tau}_p}{s} \qquad (24)$$

d) determina-se o valor de θ (ver equação 11) pela expressão:

$$\theta = \phi_p \frac{K-1}{K} \cdot \frac{M}{R} \qquad (25)$$

em que:

M ... massa molecular do gás

e) determina-se a temperatura à saída do andar *i* pela relação (ver equação 13):

$$T_{i+1} = \theta + T_i \qquad i = 1. 2 \ldots s \qquad (26)$$

(1) *Chem. Eng.* — 1948 — Janeiro — pág. 118.

f) determina-se a razão de compressão em cada andar pela relação (ver equação 12):

$$(r_c)_i = \left(\frac{T_{i+1}}{T_i}\right)^{\frac{k}{k-1}} \qquad (27)$$

IV] Gases reais

Na literatura ([1]), apresentam-se para o cálculo do trabalho adiabático com gases reais as duas seguintes expressões:

a)

$$\overline{\tau}_a = (pv)_m \log_e \frac{p_2}{p_1} \qquad (28)$$

em que

$$(pv)_m = \frac{p_2 v_2 - p_1 v_1}{\log_e \frac{p_2 v_2}{p_1 v_1}} \qquad (29)$$

representa a média logarítmica dos valores de (pv).

b)

$$\overline{\tau}_a = \frac{\gamma}{\gamma - 1} \cdot Z_1 \cdot \frac{R}{M} \cdot T_1 \left(R_c^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1\right) \qquad (30)$$

em que:

Z_1 ... factor de compressibilidade (valor correspondente às condições iniciais)

Ambas estas expressões são incorrectas.

A primeira resulta da integração da equação:

$$\overline{\tau}_a = \int_{\widehat{AB}} v \, \partial p$$

admitindo que:

$$pv = (pv)_m = \text{constante}$$

e definindo esse valor médio como a média logarítmica. A segunda, escreve-se por analogia com a expressão de τ_a para gases perfeitos, introduzindo o factor de compressibilidade z.

Neste caso, é costume representar por β, o produto:

$$\beta = \frac{\gamma}{\gamma - 1} \left(R_c^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1\right)$$

apresentando-se gráficos que permitem determinar o seu valor em função de R_c, para diferentes valores de γ. A equação (30), escreve-se, então:

$$\tau_a = \beta \cdot z_1 \cdot R \cdot T_1 \qquad (31)$$

Esta equação, embora incorrecta, parece satisfazer às exigências de cálculo tecnológico. No entanto, afigura-se mais correcto efectuar o cálculo por meio das funções termodinâmicas e dos diagramas generalizados. No caso da compressão adiabática, o estudo faz-se de modo idêntico ao dos compressores de movimento alternativo ([1]). Reserva-se para um artigo futuro o caso da compressão politrópica.

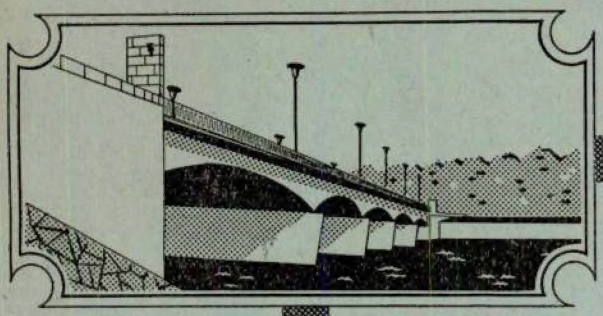
BIBLIOGRAFIA

— Curso de Química Tecnológica I, Prof. Luís Alves.
— «Compressed Air Handbook», Compressed Air and Gas Institute.
— «Chemical Engineering Handbook», Perry.
— Igor Karassik, Chem. Eng. — 1947 — Out. pg 110.
— Igor Karassik, Chem. Eng. — 1947 — Nov. pg 132.
— Igor Karassik, Chem. Eng. — 1947 — Dez. pg. 126.
— Igor Karassik, Chem. Eng. — 1948 — Jan. pg 118.
— T. E. Corrigan e A. L. Johnson, Chem. Eng. 1954 — Fev. — pg 212.

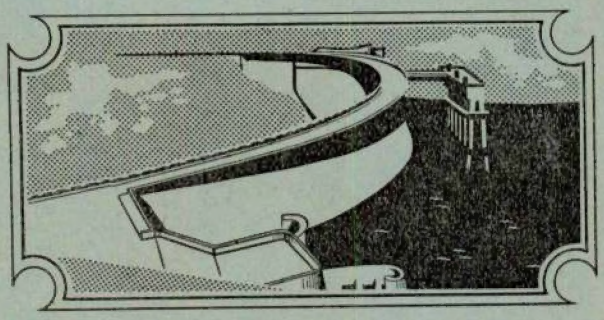
([1]) Cher. Eng. — 1954, Fev., pg. 316 e 220.

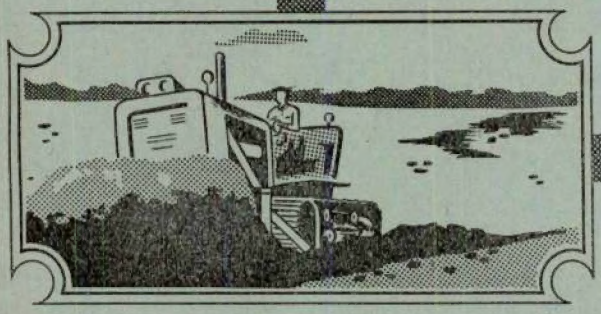
([1]) Ver Técnica 1955 — Maio.

Contribuindo para o
PROGRESSO NACIONAL



- PONTE DE S.TA CLARA COIMBRA
- BARRAGEM DO CABRIL
- AERODROMO DE MONTE REAL





MARCOS ETERNOS DE UMA VONTADE, DE UM IDEAL E DE UMA FORÇA, NOVAS REALIZAÇÕES VÃO SURGINDO — UMAS APÓS OUTRAS — EM VIVO TESTEMUNHO DO NOTÁVEL PROGRESSO NACIONAL!

OS SEUS ESFORÇADOS OBREIROS — DIGNIFICANDO A CLASSE CONSTRUCTORA — SABEM MATERIALIZAR OS TRABALHOS PLANEADOS SEM ESQUECER QUE O BOM ÊXITO DEPENDE, PRINCIPALMENTE, DO IMPECÁVEL FUNCIONAMENTO DAS PODEROSAS MÁQUINAS E VIATURAS POR ELES UTILIZADAS.

ASSIM O COMPREENDERAM OS EXECUTORES DESTAS IMPORTANTES OBRAS PÚBLICAS PREFERINDO, CONFIADAMENTE, ENTRE OS MELHORES, OS AFAMADOS

PRODUTOS Sonap